

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR INNERE MEDIZIN II
PROF. DR. LARS MAIER
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Assoziation von Wettereinflüssen mit dem Auftreten von
Vorhofflimmern, kardialer Dekompensation und
hypertensiver Entgleisung**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Elena Dalilah Bruckner

2020

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR INNERE MEDIZIN II
PROF. DR. LARS MAIER
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Assoziation von Wettereinflüssen mit dem Auftreten von
Vorhofflimmern, kardialer Dekompensation und
hypertensiver Entgleisung**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Elena Dalilah Bruckner

2020

Dekan:

Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter:

PD Dr. Carsten Jungbauer

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. Carola Kolbeck

Tag der mündlichen Prüfung:

10.08.2020

Diese Arbeit widme ich
in Liebe meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1 Der Begriff der Wetterfühligkeit im alltäglichen Sprachgebrauch	5
1.2 Definition und kurze Darlegung möglicher Ursachen der in dieser Studie untersuchten Krankheitsbilder	5
1.2.1 Vorhofflimmern	5
1.2.2 Kardiale Dekompensation	8
1.2.3 Hypertensive Entgleisung	11
1.3 Entwicklung und Darlegung der Fragestellung	13
1.4 Erklärung meteorologischer Begrifflichkeiten in Bezug auf die in dieser Arbeit verwendeten Wetterparameter	14
1.5 Studienübersicht zu den einzelnen Erkrankungen in Abhängigkeit des Jahresverlaufs und der Meteorologie	15
1.5.1. Übersicht allgemein zu kardiovaskulären Erkrankungen	15
1.5.2 Vorhofflimmern	16
1.5.3. Kardiale Dekompensation und Herzinsuffizienz	18
1.5.4. Hypertensive Entgleisung und hypertensive Krise	19
2. Methodik	21
2.1. Patientenselektion	21
2.2 Festlegung des Wettergebietes und Erhebung der Wetterdaten	23
2.3. Erhebung der Patientendaten	24
2.4. Statistische Datenauswertung	26
3. Ergebnisse	30
3.1. Vorhofflimmern	30
3.1.1 Baseline-Charakteristika	30
3.1.2 Tabellarische Übersicht	35
3.1.3 Konditionale logistische Regressionsanalyse	37
3.1.4 Zusammenfassung der konditionalen logistischen Regressionsanalyse	56
3.2 Kardiale Dekompensation	57
3.2.1 Baseline-Charakteristika	57
3.2.2 Tabellarische Übersicht	62
3.2.3 Konditionale logistische Regressionsanalyse	64

3.2.4 Zusammenfassung der konditionalen logistischen Regressionsanalyse	83
3.3 Hypertensive Entgleisung	84
3.3.1 Baseline-Charakteristika	84
3.3.2 Tabellarische Übersicht.....	89
3.3.3. Konditionale logistische Regressionsanalyse	91
3.3.4 Zusammenfassung der konditionalen logistischen Regressionsanalyse ..	101
4. Diskussion	102
4.1 Übersicht und allgemeine Wertung der Ergebnisse.....	102
4.2 Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit vorhandenen Studien.....	104
4.2.1 Vorhofflimmern.....	105
4.2.2 Kardiale Dekompensation.....	110
4.2.3 Hypertensive Entgleisung	115
4.3 Bedeutung der Variable „gefühlte Temperatur“	117
4.4 Physiologische Zusammenhänge zwischen dem menschlichen Körper und der Umwelt und weiterführende Überlegungen in diesem Kontext.....	119
4.5 Limitationen dieser Studie	121
4.6 Aussicht	122
5. Zusammenfassung	124
6. Literaturverzeichnis	127
7. Anhang	132
7.1 Abbildungsverzeichnis	132
7.2 Tabellenverzeichnis	136
7.3 Grafischer Anhang	139
8. Danksagung	148

1. Einleitung

1.1 Der Begriff der Wetterfühligkeit im alltäglichen Sprachgebrauch

Der Begriff der Wetterfühligkeit ist ein im Volksmund verbreiteter Ausdruck um körperliche Empfindungen, Einschränkungen oder Beschwerden aufgrund des Wetters auszudrücken. Im Duden findet man so unter „wetterfühlig“ die Beschreibung „auf Wetterumschlag empfindlich (z.B. mit Kopfschmerzen, Müdigkeit, Nervosität) reagierend“ (1). Dieses Empfinden scheint keine Erscheinung der Neuzeit, sondern bereits recht alt zu sein, so geht es etwa schon im Briefwechsel zwischen den beiden großen deutschen Schriftstellern Johann Wolfgang von Goethe und Friedrich Schiller wiederholt um das vom Wetter beeinflusste leibliche Befinden. 1798 wünscht Goethe Schiller in einem Brief: „Möge das schöne Wetter und die Höhe des Barometers etwas zu Ihrem bessern Befinden mit beitragen“ (2). Schiller leidet mal unter der Hitze und schreibt „Ich bin von der Hitze und dem verwünschten Barometerstand so angegriffen, daß ich mich nicht entschließen kann vor die Thüre zu gehen, auch bin ich keines ordentlichen Gedankens fähig“ (3), mal unter kaltem Wind: „Der kalte Nordostwind wird auch Ihnen, fürchte ich, wie mir die Erholung erschweren; doch habe ich mich dießmal noch leidlicher befunden, als sonst bei gleichem Barometerstand mit mir der Fall ist“ (4).

Dies sind freilich keine wissenschaftlich belegten Aussagen, es stellt sich aber doch die Frage, ob solche weit verbreiteten subjektiven Empfindungen sich in klinischen Daten manifestieren lassen beziehungsweise ob sich sogar ein Zusammenhang des Wetters mit dem Auftreten oder der Exazerbation von spezifischen Erkrankungen mit wissenschaftlichen Methoden untermauern lässt. Im Folgenden möchte ich nun zunächst kurz auf die in dieser Studie untersuchten Erkrankungen eingehen, um im Anschluss nochmals genauer auf die Fragestellung dieser Arbeit zurückzukommen.

1.2 Definition und kurze Darlegung möglicher Ursachen der in dieser Studie untersuchten Krankheitsbilder

1.2.1 Vorhofflimmern

In Industrieländern leidet jeder vierte Erwachsene mittleren Alters an Vorhofflimmern (5); es ist die häufigste persistierende Herzrhythmusstörung (5, 6 (S.1813)). Die

Prävalenz von Vorhofflimmern erhöht sich mit steigendem Lebensalter, über 95% der Erkrankten sind über 60 Jahre alt (6 (S.1813)). Die Erregung des Vorhofes verläuft bei Vorhofflimmern schnell und ungeordnet mit Verlust der Vorhofkontraktion, die Ventrikelfrequenz ist unregelmäßig (6 (S. 1812)). Dies birgt insbesondere das Risiko eines Schlaganfalles (5, 6 (S.1813), 7, 8 (S.292)). Akutes Auftreten von Vorhofflimmern kann außerdem die Gefahr einer Herzinsuffizienz erhöhen (5, 6 (S.1813), 9). Die Sterblichkeit bei Patienten mit Vorhofflimmern ist erhöht; außerdem ist die Erkrankung mit häufigen Krankenhausaufenthalten sowie verminderter Lebensqualität verbunden (5). Für die Diagnose von Vorhofflimmern ist eine EKG-Dokumentation nötig, häufig ist ein Langzeit-EKG sinnvoll, da Vorhofflimmern sowohl in symptomatischen als auch in asymptomatischen Perioden auftreten kann (5, 10 (S.87)). So sind viele Patienten mit Vorhofflimmern vollkommen asymptomatisch, während andere zum Beispiel an Herzrasen, Herzstolpern oder auch Schwindel und Synkopen leiden (8 (S.292), 10 (S.87)). Im Verlauf unterscheidet man verschiedene Formen von Vorhofflimmern, abhängig von der Dauer des Auftretens, eine Übersicht hierzu gibt Tabelle 1, welche in den aktuellen ESC-Leitlinien zum „Management von Vorhofflimmern“ 2016 veröffentlicht wurde.

AF-Typ	Definition
Erstmals diagnostiziertes AF	AF, das bisher noch nicht diagnostiziert wurde, unabhängig von der Dauer der Rhythmusstörung oder von Vorliegen und Schwere mit AF verbundener Symptome.
Paroxysmales AF	Endet von allein, meist binnen 48 Stunden. AF-Episoden, die binnen 7 Tagen zum Sinusrhythmus zurückkehren oder in diesem Zeitraum kardiovertiert werden, sollten als paroxysmal bezeichnet werden.
Persistierendes AF	AF, das länger als 7 Tage anhält, einschließlich von Episoden, die frühestens nach 7 Tagen durch medikamentöse oder elektrische Kardioversion beendet werden.
Lang anhaltend persistierendes AF	Ununterbrochenes AF, das mindestens 1 Jahr angehalten hat, bevor die Entscheidung zu einer Rhythmus-erhaltenden Behandlung getroffen wird.
Permanentes AF	AF, dessen Vorliegen vom Patienten (und Arzt) akzeptiert wird. Definitionsgemäß werden Rhythmus-erhaltende Maßnahmen bei Patienten mit permanentem AF nicht durchgeführt. Sollte eine Rhythmus-erhaltende Maßnahme erfolgen, würde die Rhythmusstörung neu als lang anhaltend persistierendes AF bezeichnet.

Tabelle 1: Definition von Vorhofflimmern nach dem zeitlichen Auftreten, entnommen aus den ESC Guidelines 2016 „Management von Vorhofflimmern“ (5)

Die Ursachen von Vorhofflimmern sind vielfältig. Es kann sowohl idiopathisch auftreten als auch sekundär in Verbindung mit strukturellen Herzerkrankungen sowie aufgrund extrakardialer Ursachen (8 (S.291), 10 (S. 87)). Als akute Auslöser seien beispielsweise ein Myokardinfarkt, eine Lungenarterienembolie,

Elektrolytentgleisungen wie etwa Hyperthyreose oder eine akute Alkoholintoxikation genannt (6 (S.1813), 8 (S.291)). Vorhofflimmern kann außerdem auch postoperativ nach Herzoperationen auftreten (5, 6 (S.1813), 8 (S.291), 10 (S.87)), ebenso können Klappenfehler ursächlich sein (5, 8 (S.291), 10 (S.87)). Selten findet sich als Ursache eine genetische Prädisposition (5, 8 (S.291), 10 (S.87)).

Die Therapie von Vorhofflimmern ist je nach klinischem Erscheinungsbild sehr unterschiedlich, auch richtet sie sich nach der Dauer und Häufigkeit des Auftretens sowie nach weiteren zugrundeliegenden Erkrankungen (6 (S.1814)). So sollte die Therapieplanung bei neu aufgetretenem Vorhofflimmern laut aktuellen ESC-Leitlinien vor allem die fünf Hauptbereiche hämodynamische Stabilität, Schlaganfallrisiko und Antikoagulation, Herzfrequenzkontrolle, das Vorliegen von Auslösefaktoren sowie die etwaige Notwendigkeit einer rhythmuserhaltenden Therapie berücksichtigen (5).

Viele Patienten benötigen eine dauerhafte Antikoagulation zur Schlaganfallprävention, die Notwendigkeit kann mittels eines Schlaganfallrisikoscores bestimmt werden, der den aktuellen ESC-Leitlinien entnommen werden kann (5, 10 (S. 87-88)). Bei vorhandener Indikation sollte eine orale Antikoagulation begonnen werden, wobei die neuen oralen Antikoagulantien (NOAK) Dabigatran, Rivaroxaban, Apixaban und Edoxaban einem Vitamin-K-Antagonisten vorgezogen werden sollten. Es ist aber zu beachten, dass bei Patienten mit mechanischer Herzklappe oder einer mittelgradigen bis schweren Mitralklappenstenose eine Kontraindikation für ein NOAK vorliegt (5).

Eine Kardioversion, also der Versuch der Wiederherstellung eines Sinusrhythmus mittels elektrischer Impulse, kann zum Beispiel bei neu aufgetretenem Vorhofflimmern bei nicht antikoagulierten Patienten in Abhängigkeit vom jeweiligen Schlaganfallrisiko in Betracht gezogen werden (6 (S.1814)). Besonders bei hämodynamisch stabilen Patienten ist dies zeitnah angezeigt (5). Außerdem gibt es die Möglichkeit der Wiederherstellung beziehungsweise Aufrechterhaltung eines Sinusrhythmus mittels medikamentöser Therapie zum Beispiel durch Betablocker, Digitalispräparate oder Kalziumantagonisten beziehungsweise einer Kombinationstherapie (5, 6 (S.1815-1816)). Die akute Herzfrequenzkontrolle kann sich von der langfristigen Kontrolle in der Medikamentengabe unterscheiden. In beiden Fällen ist die Wahl der Medikamente abhängig von der linksventrikulären Ejektionsfraktion. Bei Patienten mit Ejektionsfraktion unter 40% ist zur akuten Herzfrequenzkontrolle die niedrigste Betablockerdosierung Mittel der Wahl; bei stark reduzierter Ejektionsfraktion oder hämodynamischer Instabilität kann Amiodaron i.v. eine Alternative darstellen (5).

Desweiteren besteht die Möglichkeit einer chirurgischen oder einer Katheterablation, bei der eine elektrische Isolierung des Areals um die Lungenvenen erzielt und somit versucht wird, die Triggerwirkung pulmonalvenöser Foci zu unterbinden. Dies kann besonders bei rezidivierendem paroxysmalem Vorhofflimmern der antiarrhythmischen medikamentösen Therapie überlegen sein (6 (S.1816)).

Wichtig zur langfristigen Behandlung von Vorhofflimmern ist auch die Behandlung zusätzlicher kardiovaskulärer Risikofaktoren. So können etwa die Therapie einer Herzinsuffizienz oder die Kontrolle und Regulierung des Blutdrucks und des Gewichts dabei helfen, die Symptombelastung bei Vorhofflimmern zu verringern und den Erhalt eines Sinusrhythmus erleichtern (5).

1.2.2 Kardiale Dekompensation

Weltweit leiden mehr als 20 Millionen Menschen an Herzinsuffizienz (6 (S.1830)); es ist das häufigste kardiale Erkrankungsbild (10 (S.99)). Die Prävalenz steigt mit zunehmendem Alter an und betrifft 6-10% der Menschen mit über 65 Lebensjahren (6 (S.1830)). Es handelt sich hierbei nicht um eine eigenständige Erkrankung, sondern um einen Symptomenkomplex (10 (S.99), 11 (S.46), 12). Eine akut dekompensierte Herzinsuffizienz ist eine lebensbedrohliche Situation. Sie kann aus einer kardialen Dekompensation einer chronischen Herzinsuffizienz sowie seltener auch als Erstmanifestation einer Herzinsuffizienz auftreten (13). In den aktuellen ESC-Leitlinien von 2016 wird die Herzinsuffizienz folgendermaßen beschrieben: „Herzinsuffizienz ist ein klinisches Syndrom, das durch typische Symptome (z.B. Luftnot, Knöchel-Ödeme und Müdigkeit) gekennzeichnet ist, die von bestimmten Zeichen (z.B. erhöhter Jugularvenendruck, gestaute Halsvenen, Rasselgeräusche über der Lunge oder periphere Ödeme) begleitet werden können.“ (13). Ursächlich sind kardiale Strukturdefekte und/oder kardiale Funktionsstörungen, welche zu erhöhten intrakardialen Drücken in Ruhe oder in Belastung und/oder einer verringerten Auswurfleistung des Herzens führen (13). Entgegen früherer Annahmen ist die linksventrikuläre Ejektionsfraktion nicht immer vermindert; eine Herzinsuffizienz kann auch bei erhaltener Ejektionsfraktion bestehen (6 (1830-1832), 13). Ferner wird zwischen einer Links- und Rechtsherzinsuffizienz unterschieden, je nachdem welcher Ventrikel betroffen beziehungsweise vorrangig betroffen ist. Sind beide Ventrikel gleichermaßen betroffen, spricht man von einer Globalherzinsuffizienz.

Dementsprechend unterscheidet man auch zwischen einer Linksherz-, einer Rechtsherz- sowie einer globalen Dekompensation (10 (S.101), 11 (S.46), 14 (S. 319)).

Bei der Linksherzinsuffizienz kann der linke Ventrikel ein Vorwärts- und/oder ein Rückwärtsversagen aufweisen. Ein Rückwärtsversagen führt zur Lungenstauung mit erhöhtem Druck in den Lungenvenen, was zu Stauungszeichen sowie Dyspnoe führen kann. Ein Vorwärtsversagen führt bei reduzierter Auswurfleistung zu peripherer Zyanose sowie zu einer Leistungsminderung und Schwächegefühl. Dagegen weist die Rechtsherzinsuffizienz ein Rückwärts- und Vorwärtsversagen des rechten Ventrikels auf. Hierbei zeigen sich vor allem Stauungen im Körperkreislauf mit Folgen wie etwa Ödemen, Pleuraergüssen und Stauungsleber, Stauungsgastritis, Stauungsnieren sowie ebenfalls rasche Ermüdung und verminderte Leistungsfähigkeit. Bei länger bestehender Rechts- oder auch Globalherzinsuffizienz kann es außerdem zu Aszites kommen (10 (S.100-102), 11 (S.46-50)). Eine Schweregradeinteilung kann sowohl anhand der subjektiven Beschwerden als auch anhand objektiver Parameter wie etwa Messung des zentralen Venendrucks oder des Herzzeitvolumens erfolgen (10 (S.101)). Die gängige Einteilung des Herzinsuffizienz-Schweregrades anhand von Symptomen ist die Einteilung nach der New York Heart Association (NYHA), siehe hierzu Tabelle 2.

NYHA Einteilung von Herzinsuffizienz	Symptomgrad
Grad I	keine subjektiven Beschwerden bei alltäglicher Belastung
Grad II	Beschwerden bei stärkerer Belastung
Grad III	Beschwerden bereits bei leichter Belastung
Grad IV	Beschwerden in Ruhe

Tabelle 2: Einteilung von Herzinsuffizienz nach Schweregrad, Referenzen siehe (6 (S.1831), 8 (S.215), 10 (S.101), 11 (S.46))

Die häufigsten Ursachen für eine Herzinsuffizienz sind die koronare Herzkrankheit (KHK) sowie eine isolierte arterielle Hypertonie. Eine KHK mit gleichzeitig vorhandener Hypertonie erhöht das Risiko für eine Herzinsuffizienz, ein vorhandener Diabetes mellitus ebenso (6 (S.1830)). Weitere Ursachen für eine Herzinsuffizienz können zum

Beispiel ein Myokardinfarkt, Klappenvitien, Herzrhythmusstörungen, pulmonale Gefäßerkrankungen, ein Cor pulmonale, eine Perikardtamponade (führt zu akuter Rechtsherzinsuffizienz), eine nicht ischämische dilatative Kardiomyopathie, eine familiäre Prädisposition oder eine toxische/arzneimittelbedingte Induzierung sowie bei erhaltener Ejektionsfraktion etwa eine pathologische Hypertrophie, Fibrose oder eine restriktive Kardiomyopathie sein (6 (S.1830-1831), 8 (S.211), 11 (S.48, 50)).

Die Therapie einer Herzinsuffizienz ist stark abhängig vom Grad der Erkrankung, der körperlichen Beschaffenheit des Patienten sowie vor allem vom klinischen Phänotyp. Es muss in der Therapie unterschieden werden zwischen chronischer Herzinsuffizienz mit oder ohne erhaltener Ejektionsfraktion, einer fortgeschrittenen Herzinsuffizienz sowie einer akut dekompensierten Herzinsuffizienz (6 (S.1837)).

Bei Patienten mit reduzierter Ejektionsfraktion hat sich die Therapie mittlerweile von der reinen Symptomkontrolle zu einer Modifizierung der Krankheit hin weiterentwickelt. Zur medikamentösen Behandlung kommen ACE-Hemmer beziehungsweise AT1-Antagonisten und alternativ auch der Angiotensin-Rezeptor-Neprilysin-Hemmer Sacubitril/Valsartan, Betablocker, Mineralkortikoid-Rezeptorantagonisten sowie der If-Kanal-Blocker Ivabradin in Frage (6 (S.1840-1843), 13), welche bei Patienten mit Stauungssymptomen mit Diuretika kombiniert werden sollten (13). Außerdem können implantierbare Kardioverter-Defibrillatoren bei ausgewählten Patienten zur Vermeidung eines plötzlichen Herztods genutzt werden (13). Eine kardiale Resynchronisationstherapie kann des Weiteren in einigen Fällen bei Patienten mit reduzierter Ejektionsfraktion die Lebensqualität erhöhen und die Mortalität senken (6 (S. 1845), 13).

Bei Patienten mit erhaltener Ejektionsfraktion steht bislang keine Therapie zur Verfügung, die zu einer überzeugenden Minderung der Mortalität oder Morbidität der Patienten führt; eine Beeinflussung des natürlichen Krankheitsverlaufes ist nicht möglich (6 (S.1837), 13). Therapieziel ist daher die Verbesserung der Lebensqualität durch Minderung der Symptome. Diuretika kommen häufig zum Einsatz, um Stauungszeichen zu mildern (13). Eine zusätzliche medikamentöse Therapie kann sinnvoll sein und ist nach Untersuchung auf kardiovaskuläre und nicht-kardiovaskuläre Begleiterkrankungen festzulegen (13).

Unabhängig von der Ejektionsfraktion ist eine Behandlung etwaiger vorhandener Erregungsleitungs- oder Rhythmusstörungen sehr wichtig. Die häufigste Rhythmusstörung bei Herzinsuffizienz ist Vorhofflimmern, es kann die Herzfunktion

beeinträchtigen und die Symptome bei Herzinsuffizienz verstärken (13).

Bei fortgeschrittener Herzinsuffizienz, also bei Patienten mit fortgeschrittener Symptomatik, zeigt sich die Behandlung häufig als schwierig. Oftmals werden immer höhere Dosen an Diuretika benötigt und Patienten sprechen teilweise auf medikamentöse Behandlungen nur schwer an. Eine stationäre Behandlung durch wiederkehrende Episoden einer Dekompensation ist in diesem Stadium der Erkrankung häufig nötig (6 (S.1837)).

Bei einer akut dekompensierten Herzinsuffizienz ist ein schnelles Vorgehen zur umgehenden Identifizierung und Behandlung von lebensbedrohlichen Zuständen oder Auslösern der Dekompensation dringend erforderlich (12, 13). Zur Milderung der Symptome werden Diuretika und gegebenenfalls auch Vasodilatoren genutzt, jedoch gestaltet sich die Behandlung dieses Krankheitsbildes immer noch als sehr komplex und schwierig (12). Eine weiterführende stationäre Abklärung nach erfolgreicher Behandlung der Dekompensation ist in den meisten Fällen nötig (13).

1.2.3 Hypertensive Entgleisung

Weltweit leiden etwa eine Million Menschen an Bluthochdruck, von denen schätzungsweise ein Prozent einmal im Leben eine akute Blutdruckerhöhung erleidet (15).

Klinisch muss zwischen hypertensiver Krise, auch hypertensiver Notfall genannt, und hypertensiver Entgleisung unterschieden werden. Der Hauptunterschied zwischen diesen Formen liegt darin, dass beim hypertensiven Notfall eine akute Gefährdung der Zielorgane besteht, bei der hypertensiven Entgleisung dagegen keine solchen Schäden entstehen (16, 17). So setzt eine hypertensive Krise einen Blutdruckanstieg auf über 180mmHg systolisch und/oder 120mmHg diastolisch voraus, einhergehend mit Zeichen einer Zielorganschädigung. Bei einer hypertensiven Entgleisung liegt dagegen eine isolierte Blutdruckerhöhung ohne Zeichen einer Organschädigung vor (17–19). Als Symptome für die hypertensive Krise können daher neben Schwindel, Kopfschmerzen, thorakalen Schmerzen, Kurzatmigkeit, Übelkeit und Erbrechen auch Krämpfe, Sehstörungen, Lungenödeme, Hirnblutungen sowie Aortendissektion, akute Niereninsuffizienz, akutes Linksherzversagen und das Bild der koronaren Herzkrankheit auftreten (15, 17, 18, 19, 20 (S.175)). Die Symptome der hypertensiven Entgleisung ähneln denen einer hypertensiven Krise sehr. Häufig zeigen sich

Schwindel, Kopfschmerzen, Dyspnoe, Erbrechen oder Nasenbluten, oft einhergehend mit ausgeprägten Angstzuständen, ausgenommen jedoch solche Symptome, die eine Endorganschädigung betreffen (17, 20 (S.173-176)). Die Therapie des hypertensiven Notfalls und der hypertensiven Entgleisung unterscheidet sich ebenfalls darin, dass bei der hypertensiven Krise die Gefahr der Organschädigung minimiert werden muss. Hierzu ist in den meisten Fällen ein rasches Senken des Blutdrucks nötig, welche suffizient genug sein muss, um die Symptome des Patienten zu lindern. Eine Verzögerung einer erfolgreichen Behandlung kann zu ernsthaften Schäden oder auch zum Tod führen (18, 20 (S.173-174)). Es gibt keine einheitliche Vorgehensweise, in welcher Zeit der Blutdruck um wieviel exakt gesenkt werden sollte, jedoch wird in den aktuellen ESC-Leitlinien für die meisten Fälle initial eine rasche Blutdrucksenkung um maximal 25% innerhalb der ersten Stunden und eine anschließende, vorsichtige Fortführung der Senkung empfohlen. Bei Vorhandensein eines Lungenödems oder einer Aortendissektion ist ein aggressiveres Vorgehen angezeigt. Ein akuter Schlaganfall bei hypertensiver Krise dagegen bildet eine Ausnahme, hier kann auch keine oder nur eine vorsichtige Senkung des Blutdrucks erwogen werden (17). Als Blutdrucksenker werden bei hypertensiver Krise dieselben Medikamente eingesetzt wie bei malignem Bluthochdruck, zunächst sollte eine intravenöse, anschließend eine orale Gabe erfolgen (17). Zur Behandlung der hypertensiven Entgleisung ist ebenfalls eine Blutdrucksenkung erforderlich, jedoch ist das Zeitfenster größer, da die Schädigung der Zielorgane nicht schnellstmöglich abgewendet werden muss (17, 20 (S.173), 21). Häufig steht eine hypertensive Entgleisung in Zusammenhang mit einer diskontinuierlichen oder verminderten Medikamenteneinnahme bei Bluthochdruck (17, 20 (S.173,174)), daher sollte zusätzlich zur Akutbehandlung eine Wiedereinsetzung beziehungsweise gegebenenfalls Intensivierung der Dauermedikation erfolgen (17). Wenngleich eine hypertensive Entgleisung nicht als Notfall angesehen werden muss und eine Übermedikation vermieden werden sollte (17), besteht jedoch jederzeit die Gefahr der Verschlimmerung und der Entstehung einer Notfallsituation, weshalb auch hier auf eine zügige Behandlungseinleitung geachtet werden sollte (20 (S.173)).

1.3 Entwicklung und Darlegung der Fragestellung

Neben den genannten organischen Ursachen zur Entstehung von Vorhofflimmern, kardialer Dekompensation und hypertensiver Entgleisung können weitere, teils externe Faktoren eine Rolle spielen, die die Exazerbation der Erkrankungen begünstigen. Hierzu zählen bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen bekanntermaßen etwa großer anhaltender Stress, virale als auch bakterielle Infekte sowie mangelnde Bewegung beziehungsweise Adipositas, Diabetes mellitus und Nikotinkonsum (22 (S. 49) , 23 (S. 164)).

Es stellt sich die Frage, inwiefern andere, noch nicht entsprechend gut erforschte Ursachen das Auftreten der Symptome beziehungsweise die Exazerbation solcher Erkrankungen begünstigen können. So hört man in der Notaufnahme immer wieder wie etwa von einem „Herzinfarkt-Wetter“ gesprochen wird. Solche Äußerungen sind selbstverständlich subjektiv. Bereits bekannt hingegen sind etwa hitzebedingte Schwächeanfälle und Dehydrierungen (24–26), was weitere Auswirkungen des Wetters beziehungsweise der Witterungsbedingungen allgemein auf den menschlichen Körper zumindest als nicht unwahrscheinlich erscheinen lässt.

In dieser Arbeit wird die Abhängigkeit des Auftretens der Erkrankungen Vorhofflimmern, kardiale Dekompensation und hypertensive Entgleisung vom Wetter beziehungsweise von bestimmten Wetterbedingungen untersucht. Das Wetter in unseren Breitengraden wird von Jahreszeiten bestimmt; je nach Jahreszeit herrschen nicht nur warme, sondern auch kalte Perioden. Es gibt außerdem viele verschiedenen Faktoren des Wetters, die alle unterschiedlich auf den menschlichen Körper einwirken und die unabhängig voneinander untersucht werden sollen, um ein möglichst präzises Ergebnis zu erhalten. Interessant wäre es auch, ob bestimmte Wetterfaktoren etwa eine spezifische Erkrankung mehr beeinflussen als eine andere beziehungsweise ob kardiale Erkrankungen allgemein in ähnlicher Weise beeinflusst werden. Hierzu untersuchen wir die Auswirkung verschiedener Wetterparameter unabhängig voneinander, welche unter 1.5 näher spezifiziert werden. Da Vorhofflimmern, kardiale Dekompensation und hypertensive Entgleisung Erkrankungen sind, die mit dem Herzen zwar dasselbe Organ betreffen, von der Genese her jedoch sehr unterschiedlich sind, kann mit dieser Arbeit nicht nur eine vorhandene Abhängigkeit der einzelnen Erkrankungen von Wetterbedingungen untersucht werden, sondern auch ein Vergleich der Ergebnisse untereinander stattfinden.

1.4 Erklärung meteorologischer Begrifflichkeiten in Bezug auf die in dieser Arbeit verwendeten Wetterparameter

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die in dieser Arbeit untersuchten Wetterparameter sowie eine Erklärung ihrer meteorologischen Bedeutung. Luftdruck, Dampfdruck, Bedeckungsgrad, Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur sind gemessene Größen, mittlere Strahlungstemperatur und gefühlte Temperatur sind abgeleitete Größen. Die Ableitung solcher Größen erfolgt aus gemessenen Größen.

Wetterparameter	Größenangabe	Beschreibung
<i>Luftdruck</i>	Normalnull (Meeresspiegel) reduziert in Hektopascal (hPa)	Messgröße; Bezeichnung des Druckes, den die Luft unter Einfluss der Schwerkraft ausübt; hydrostatischer Druck; abhängig von der Luftmenge oberhalb des betrachteten Niveaus, weshalb der Luftdruck in zunehmender Höhe sinkt (27 (S.50))
<i>Dampfdruck</i>	Hektopascal (hPa)	Messgröße; Maß für das in Form von Wasserdampf in der Atmosphäre enthaltene Wasser; übt auf die Unterlage einen Druck aus, der in den Gesamtwert des Luftdrucks als Partialwert eingeht; abhängig von der Temperatur (28 (S.112))
<i>Bewölkungsgrad</i>	Achtel	Messgröße; Bezeichnung für den Grad der Bewölkung am Himmel, indem die Wolken zusammengeschoben betrachtet werden (29 (S.179))
<i>Windgeschwindigkeit</i>	Meter pro Sekunde (m/s)	Messgröße; Kraft des Windes; Wind wird als einzige meteorologische Größe als Vektor wiedergegeben, er besitzt also einen Betrag und eine Richtung; Angabe der Richtung erfolgt in Himmelsrichtungen (29 (S.173))
<i>Lufttemperatur</i>	Grad Celsius (C°)	Messgröße; Ausdruck der ungeordneten Molekularbewegung in der Luft, unabhängig von der Einstrahlung von Sonne, Himmel und Umung (Temperatur im Schatten) (30 (S.27))
<i>Mittlere Strahlungstemperatur</i>	Grad Celsius (C°)	Abgeleitete Größe; Temperaturangabe, die den Wärmeaustausch mittels Strahlung zwischen einer Person und ihrer Umgebung repräsentiert; gilt für alle Umgebungsoberflächen (31 (S.12))
<i>Gefühlte Temperatur</i>	Grad Celsius (C°)	Abgeleitete Größe; Temperaturangabe, die auf einem vollständigen Modell des Wärmehaushalts des menschlichen Körpers basiert; entspricht der Lufttemperatur, welche im angelegten fingierten Modell (Außenbereich, Windstille, Luftfeuchtigkeit=50%) dasselbe Empfinden auslösen würde (32)

Tabelle 3: Definition der in dieser Arbeit verwendeten Wetterparameter

1.5 Studienübersicht zu den einzelnen Erkrankungen in Abhängigkeit des Jahresverlaufs und der Meteorologie

1.5.1 Übersicht allgemein zu kardiovaskulären Erkrankungen

Es gibt zahlreiche Studien, die versuchen einen Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Erkrankungen und Wetterbedingungen und/oder eine zirkadiane oder saisonale Rhythmik der jeweiligen Erkrankung/en darzulegen. So weisen mehrere Studien auf einen Einfluss der Temperatur auf eine erhöhte kardiovaskuläre Sterblichkeit hin (33–36). Vor allem eine Abweichung von Neutralbedingungen (34, 36) sowie kalte Temperaturen und das Auftreten von Schnee scheinen die Mortalität demnach zu erhöhen (33, 34). Lediglich für spontane und für die jeweilige Region unerwartete Kälteeinbrüche konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden (33, 34). Betrachtet man die jahreszeitliche Abhängigkeit kardiovaskulärer Erkrankungen, scheinen diese außerdem gehäuft im Winter aufzutreten (37–39). Laut einer chinesischen Studie von 2009 besteht so für alle kardiovaskulären Ereignisse ein erhöhtes Risiko bei kaltem Wetter, besonders früh morgens und nachmittags (37).

In einer Studie aus Buenos Aires von 2013 wurden neben Herzinsuffizienz, Arrhythmien, koronarer Herzerkrankung, Herzstillstand und Angina Pectoris auch Schlaganfall, TIA (Transistorische ischämische Attacke), Synkope und psychiatrische Erkrankungen untersucht, wobei auch hier monatliche Häufungsmaxima für alle Erkrankungen außer psychiatrischen Erkrankungen im Winter gefunden wurden. Hier wurde die Abhängigkeit der Erkrankungen in Abhängigkeit verschiedener Wettervariablen hinterfragt, wobei sich für Druck und Feuchtigkeit positive und Temperatur negative Korrelationen ergaben. Herzinsuffizienz zeigte neben Schlaganfall die höchsten statistisch signifikanten Werte, am wenigsten Korrelation zeigten Herzstillstand, Angina Pectoris und Synkope. Obgleich aufgrund der relativ langen Dauer der Studie von 1999-2004 eine hohe Patientenzahl generiert wurde, ist die Studie dahingehend als limitiert anzusehen, dass nur die Eingangsdiagnose als Schlüssel verwendet wurde; eine Verifizierung fand nicht statt (38).

Zur Einordnung dieser und entsprechender Studien gilt es anzumerken, dass eine Verallgemeinerung der Ergebnisse in Bezug auf das Wetter vermieden werden muss. Die Wetterlage ist von Land zu Land unterschiedlich beziehungsweise teilweise regional stark abweichend. Daher ist eine lokale Durchführung solcher Studien unabdingbar, um Aussagen über einzelne Klimazonen beziehungsweise Länder

treffen zu können. Leider liegt diesbezüglich noch ein großer Mangel an deutschen Studien vor.

1.5.2 Vorhofflimmern

Es gibt vier Studien, die sich mit dem Auftreten von Vorhofflimmern im Jahresverlauf befassten, wobei jedoch keine in Deutschland durchgeführt wurde. Bei den vorliegenden Studien zeigten sich saisonale Unterschiede in der Häufung des Auftretens von Vorhofflimmern (40–43). Gehäuft tritt Vorhofflimmern demnach im Winter auf (40–42). In einer Studie aus Helsinki aus dem Jahr 1990 wurde zusätzlich bereits vermutet, dass kaltes Wetter das Auftreten fördert (40).

Frost et al. fanden in ihrer Studie von 2002 neben einem vermehrten Auftreten von Vorhofflimmern im Winter und einem verminderten Auftreten im Sommer auch ein etwas höheres Risiko für das Auftreten von Vorhofflimmern im Winter mit inversem Zusammenhang mit der Außentemperatur. 32.992 Fälle mit Entlassdiagnose Vorhofflimmern wurden für diese Studie zwischen 1980 und 1993 in Dänemark untersucht. Das saisonale Muster wurde von Geschlecht, Alter, dem Vorhandensein eines Diabetes mellitus oder anderer zugrundeliegender kardiovaskulärer Erkrankungen nicht beeinflusst (42).

2008 wurde von Gluszk et al. eine Studie aus Polen veröffentlicht, die sich speziell mit dem Auftreten von Vorhofflimmern in Abhängigkeit von meteorologischen Gegebenheiten befasst. Ihr Ziel war es, die Beziehung zwischen dem Auftreten von paroxysmalem Vorhofflimmern und atmosphärischen Ereignissen zu untersuchen. Hierfür wurden 139 Patientenfälle von 2005 bis 2006 untersucht, wobei Patienten mit Myokardinfarkt, akutem Koronarsyndrom, Myokarditis oder Perikarditis sowie Thyreotoxikose oder Atemwegserkrankungen ausgeschlossen wurden. Untersucht wurden Temperaturveränderungen, Luftdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Bewölkungsgrad und Windgeschwindigkeit sowie das Auftreten von Wetterfronten. In dieser Arbeit konnte zwar zwischen den einzelnen meteorologischen Elementen und dem Auftreten von paroxysmalem Vorhofflimmern kein Zusammenhang nachgewiesen werden, jedoch wurde eine saisonale Verteilung mit einem Maximum in den Wintermonaten sowie einer Verringerung der Hospitalisationen in den Monaten Mai bis August nachgewiesen (44).

In einer 2015 veröffentlichten Studie aus den USA von Nguyen et al. wurden 200

Patienten mit je einem implantierten Zweikammer-Kardioverter-Defibrillator von 2006 bis 2010 prospektiv verfolgt, um einen Zusammenhang zwischen paroxysmalem Vorhofflimmern und meteorologischen Bedingungen zu untersuchen. Angelegte Faktoren waren Außentemperatur, gefühlte Temperatur, Luftdruck, relative und absolute Luftfeuchtigkeit sowie der Taupunkt. Hiernach zeigt ein kurzfristig vorausgehendes Sinken von Luftfeuchtigkeit und Temperatur eine positive Korrelation mit dem Auftreten von Vorhofflimmern, in diesem Fall bei Patienten mit vorbekannten Herzerkrankungen. Niedrigere Temperaturen in den vorausgehenden 48 Stunden zeigten eine positive Assoziation, die stärkste Korrelation aber zeigte sich in Verbindung mit niedriger Luftfeuchtigkeit. So hob etwa eine Senkung um je $0,5\text{g/m}^3$ in den vorausgehenden zwei Stunden die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten um je 5% und in den vorausgehenden 24h um je 4%. Eine nur geringfügig niedrigere Korrelation wurde auch für ein Absinken des Taupunktes festgestellt (45). Der Taupunkt beschreibt mittels einer Temperaturangabe den Wasserdampfgehalt der Luft und bezeichnet die Temperatur, bei der die Sättigung der Luft erreicht wird (27 (S.43), 46 (S.67)).

Auch eine aktuelle Studie aus Litauen, die 2017 veröffentlicht wurde, weist auf einen Zusammenhang zwischen paroxysmalem Vorhofflimmern und bestimmten Wetterbedingungen hin. Vencloviene et al. untersuchten für diese Studie den Einfluss der Umwelt zu verschiedenen Perioden eines Tages (Vormittag 8.00-13:59 Uhr/ Nachmittag bis abends 14:00-21:59 Uhr/ nachts und früher Morgen 22:00-07:59 Uhr), die Tageseinteilung erfolgte nach den tagesrhythmischen Schwankungen der Indikatoren für Sympathikus und Parasympathikus. Die untersuchten Umwelteinflüsse waren Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Exposition von Kohlenmonoxid sowie Feinstaub (aerodynamischer Durchmesser $\geq 10\text{ }\mu\text{m}$). Patienten mit chronischem Vorhofflimmern oder akutem Koronarsyndrom wurden aus der Studie ausgeschlossen. So wurden 5361 Fälle über 1039 Tage beobachtet. Von Dezember bis April gingen signifikant mehr Notrufe wegen paroxysmalem Vorhofflimmern ein als von Mai bis November, und zwar für alle drei Tagesabschnitte. Vormittags wurde ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten und einer zwei bis sechs Tage vorausgehenden Erhöhung des Interquartils an Kohlenmonoxid über dem Median festgestellt, am Tag zuvor jedoch ein schützender Effekt von Kohlenmonoxid. Nachts zeigte sich laut dieser Studie außerdem ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von paroxysmalem Vorhofflimmern bei zwei bis fünf Tage vorausgehenden Windgeschwindigkeiten über dem Median. Außerdem wurde bei Patienten über 65

Lebensjahren insbesondere nachts eine höhere Sensibilität gegenüber Feinstaub festgestellt (47).

1.5.3 Kardiale Dekompensation und Herzinsuffizienz

Die erste Studie, die sich mit saisonalen Schwankungen im Auftreten von akuter Herzinsuffizienz im Jahresverlauf beschäftigte, erschien bereits 1977 und zeigte einen deutlichen Unterschied in der Häufung des Auftretens von kardialer Dekompensation in einem Krankenhaus in Nordnigeria während der kalten und der heißen Monate (48). Seitdem erfolgten zahlreiche Studien aus verschiedenen Ländern, die nahe legen, dass sowohl die Häufigkeit der Krankenhauseinweisungen als auch die Mortalität aufgrund von Herzinsuffizienz beziehungsweise deren Exazerbation deutlichen saisonalen Schwankungen unterliegen. So zeigten Studien aus Südamerika, Frankreich, Schottland, Italien, Kanada und den USA für die Inzidenz des Auftretens sowie für die Mortalität aufgrund von Herzinsuffizienz jeweils ein Winter-Hoch und ein Sommer-Tief (49–54). Für die Einteilung des genauen Krankheitsbildes nutzen alle diese Studien die International Classification of Diseases. Die am häufigsten genannte Spezifizierung ist war kongestive Herzinsuffizienz (49, 51, 52, 54), es wurden aber ebenso saisonale Schwankungen in der Anzahl der Krankenhauseinweisungen und der Todesfälle für akute beziehungsweise dekompensierte Herzinsuffizienz (49, 51) und für die Exazerbation chronischer Herzinsuffizienz nachgewiesen (50, 53). Auch eine spanische Studie erhielt bei der Untersuchung der saisonalen Schwankungen von Krankenhauseinweisungen aufgrund von Herzinsuffizienz dasselbe Ergebnis, mit den höchsten Fallzahlen im Januar und den niedrigsten im August (55).

Eine Studie aus China aus dem Jahr 2013 von Qiu et al. untersuchte nicht nur die saisonalen Schwankungen im Auftreten von akutem Herzversagen, sondern auch den Einfluss von größeren Temperaturschwankungen innerhalb eines Tages. Die höchsten Fallzahlen wurden auch hier im Winter aufgezeichnet. Diese Studie fand außerdem eine Auswirkung von größeren Temperaturschwankungen innerhalb eines Tages auf die Anzahl der Notfälle aufgrund von akuter Herzinsuffizienz. Der Effekt zeigte sich an demselben sowie an den sieben darauffolgenden Tagen und besonders in der kalten Jahreszeit (56).

2014 erschien außerdem eine Studie von Das et al., die den Zusammenhang zwischen meteorologischen Gegebenheiten und akuter Herzinsuffizienz weltweit untersuchte

und hierbei auf einen globalen Datenpool aus 30 Ländern zurückgriff. Es zeigte sich eine Verbindung zwischen dem Auftreten von akuter Herzinsuffizienz und den meteorologischen Gegebenheiten, wobei sich Veränderungen drei Tage vor der Hospitalisation am relevantesten erwiesen. Bezüglich der Temperatur zeigte sich eine bidirektionale Verbindung (57).

Auch in einer 2017 veröffentlichten Studie aus China von Goggins et al. wurden die Zusammenhänge zwischen meteorologischen Parametern und Herzinsuffizienz untersucht. Hierbei wurden die tägliche Durchschnittstemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Windgeschwindigkeit berücksichtigt, wobei sich ein starker Zusammenhang für das Auftreten von Herzinsuffizienz sowie der Sterblichkeitsrate aufgrund von Herzinsuffizienz mit kalten Temperaturen ergab. Niedrige Durchschnittstemperaturen hängen demnach stark mit erhöhten Klinikzugängen wegen Herzinsuffizienz beziehungsweise auch mit erhöhter Sterblichkeit zusammen und zwar mit einem kumulativ erhöhten relativen Risiko über mehrere Tage hinweg (58).

Eine vergleichbare deutsche Studie zu kardialer Dekompensation liegt aktuell leider noch nicht vor.

1.5.4 Hypertensive Entgleisung und hypertensive Krise

Nur drei Studien befassen sich bis dato mit hypertensiven Notfällen in Abhängigkeit von Umwelteinflüssen oder dem Jahresverlauf, keine davon fand in Deutschland statt.

Eine chinesische Studie von Zhang et al. aus dem Jahr 2009 untersuchte neben anderen kardiovaskulären Erkrankungen auch die Häufigkeit des Auftretens einer hypertensiver Krise in Abhängigkeit des Jahresverlaufs sowie der monatlichen Durchschnittstemperatur. So traten hypertensive Krisen häufiger im Winter und im Frühling auf, sowie bei einem Jahreszeitenwechsel wie Januar bis April und Oktober bis Dezember. Es zeigte sich außerdem eine negative Korrelation zwischen der Häufung und der monatlichen Durchschnittstemperatur (37).

Auch eine amerikanische Studie von Deshmukh et al., die die Anzahl der Hospitalisationen aufgrund von hypertensiver Krisen von 2000 bis 2007 verglich, gibt die höchste Anzahl in den Winter- und die geringste in den Sommermonaten an. Über die acht Jahre gemittelt war der Tagesdurchschnitt der Krankenhauseinweisungen im Juni am niedrigsten und im Februar am höchsten (59).

Ähnliche Ergebnisse erhielt auch eine Studie aus Italien, die im Jahr 2012 von Marchesi et al. veröffentlicht wurde. Sie untersuchte die monatlichen Schwankungen in Bezug auf das Auftreten von hypertensiven Entgleisungen und erhielt ebenfalls die höchste Anzahl im Winter, mit einem Maximum im Dezember und einem Minimum im Mai (60).

2. Methodik

2.1 Patientenselektion

In die Studie wurden retrospektiv alle Patienten einbezogen, die sich zwischen dem 01.07.2011 und dem 30.06.2012 in der Notaufnahme des Uniklinikums Regensburg vorgestellt hatten und die gleichzeitig den von uns angelegten Kriterien entsprachen. Bei diesen Kriterien handelt es sich zum Ersten um ausgewählte internistische Krankheitsbilder, die auf eine eventuelle Korrelation mit verschiedenen Wetterphänomenen untersucht werden sollten. Neben den in dieser Studie untersuchten Fällen von Vorhofflimmern, kardialer Dekompensation und hypertensiver Entgleisung wurden auch Patienten mit anderen internistischen Erkrankungen in die Studie aufgenommen, siehe hierzu Tabelle 4.

Akutes Koronarsyndrom (STEMI/NSTEMI/instabile AP)
kardiogener Schock
Tako Tsubo Kardiomyopathie
Myokarditis unterschiedlicher Genese
Herzrhythmusstörungen (Bradykardien, supraventrikuläre und ventrikuläre Tachykardien)
Schwindel unterschiedlicher Genese
Synkopen unterschiedlicher Genese
Erkrankungen aus dem pneumologischen Formenkreis (Pneumonie, exazerbierte COPD, exazerbiertes Asthma und Bronchitis)

Tabelle 4: weitere in die Studie aufgenommenen internistische Erkrankungen

Zum Zweiten war der Wohnort der Patienten entscheidend, da nur Patienten für die Studie in Betracht gezogen wurden, die aus einem in Zusammenarbeit mit dem deutschen Wetterdienst erstellten Wettergebiet stammten und somit den von uns erfassten Wetterbedingungen ausgesetzt waren. Ausgeschlossen wurden Patienten, bei denen eine Beeinflussung durch das Wetter sehr wahrscheinlich ausgeschlossen werden konnte. Hierbei handelt es sich um Patienten, die nicht aus dem festgelegten Gebiet stammten, auf der Durchreise waren oder die sich zum Zeitpunkt der Erkrankung in stationärer Behandlung befanden. Ebenfalls nicht aufgenommen

wurden aus ebendiesem Grund Patienten, deren Erkrankung als Folgeerkrankung gewertet wurde, wie etwa eine Pneumonie bei vorhandener Immunsuppression. Diese Informationen wurden jeweils aus den entsprechenden Arztbriefen ersichtlich.

Im untersuchten Zeitraum vom 01.07.2011 bis zum 30.06.2012 waren 6984 Patienten in der Notaufnahme vorstellig. Hiervon wurden 4784 Patienten aufgrund eines Wohnortes außerhalb des festgelegten Wettergebietes oder einer Diagnose außerhalb des Diagnoseschlüssels nicht berücksichtigt. Insgesamt für alle aufgenommenen Erkrankungen ergab sich so ein Patientenkollektiv von 2200 Patienten, die aufgrund von Diagnose und Wohnort in die Wetterstudie aufgenommen wurden. Eine Übersicht hierzu bietet Abbildung 1.

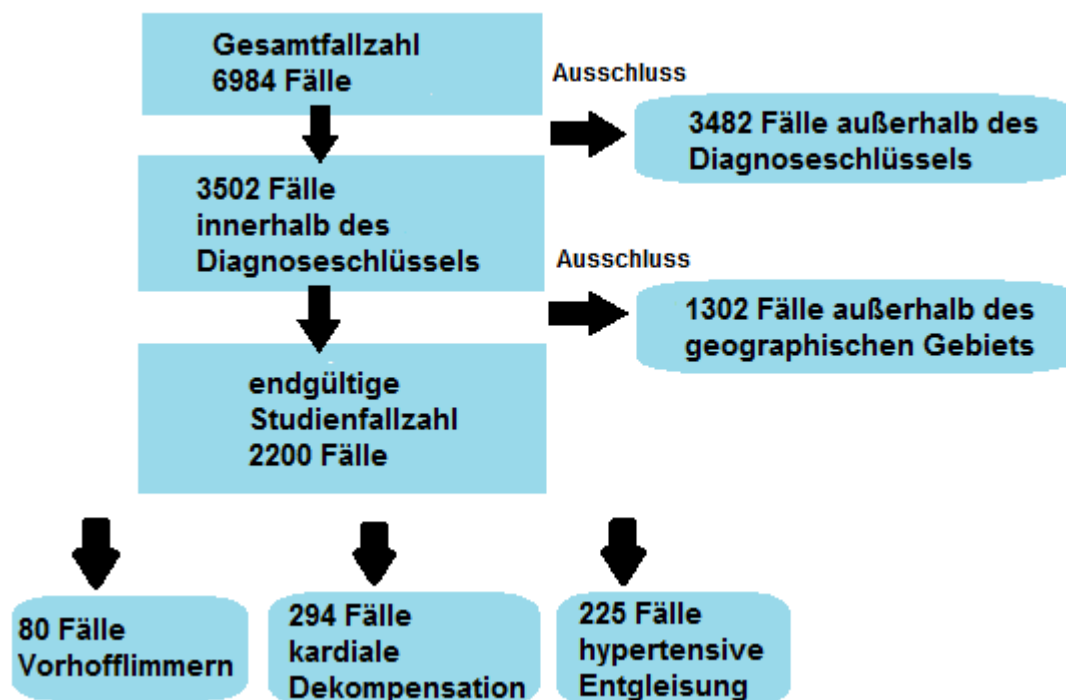


Abbildung 1: Übersicht über die Entstehung der Studienfallzahl aus den im untersuchten Zeitraum in der Notaufnahme vorstelligen Patienten

Für die in dieser Arbeit untersuchten Krankheitsbilder wurden 80 Fälle von Vorhofflimmern, 225 Fälle von hypertensiver Entgleisung und 294 Fälle von kardialer Dekompensation im entsprechenden Zeitraum in die hier vorliegende Studie aufgenommen.

2.2 Festlegung des Wettergebietes und Erhebung der Wetterdaten

Aufgrund des großen Einzugsgebiets des UKR stammen nicht alle Patienten zwangsläufig aus dem Stadtgebiet Regensburg, sondern kommen etwa auch aus ländlichen Gebieten im Umkreis. Um das Auftreten der Krankheiten auf eine Assoziation mit den zu diesem Zeitpunkt beziehungsweise zu einem festgelegten Zeitpunkt vor dem Ereignis stattgehabten Wetterveränderungen hin zu untersuchen, musste zunächst sichergestellt werden, dass die Patienten sich im Einzugsgebiet des jeweiligen Wetterphänomens befanden. Außerdem sollten möglichst alle Patienten in die Studie aufgenommen werden, die entsprechende Symptome unter Einfluss der von uns aufgenommenen Wetterdaten entwickelt hatten, um ein möglichst repräsentatives Ergebnis zu erhalten.

Hierzu konnte schon im Vorfeld der Datenerhebung eine Kooperation mit dem Deutschen Wetterdienst in Freiburg erreicht werden. In Zusammenarbeit mit diesem wurde ein Gebiet um Regensburg eingegrenzt, in dem jeweils ähnliche Wetterbedingungen herrschen. Neben Regensburg und angrenzenden Orten im Norden erstreckt sich das erstellte Gebiet etwa westlich über Vohburg und Neustadt und östlich unter anderem über Straubing, siehe Abbildung 2.

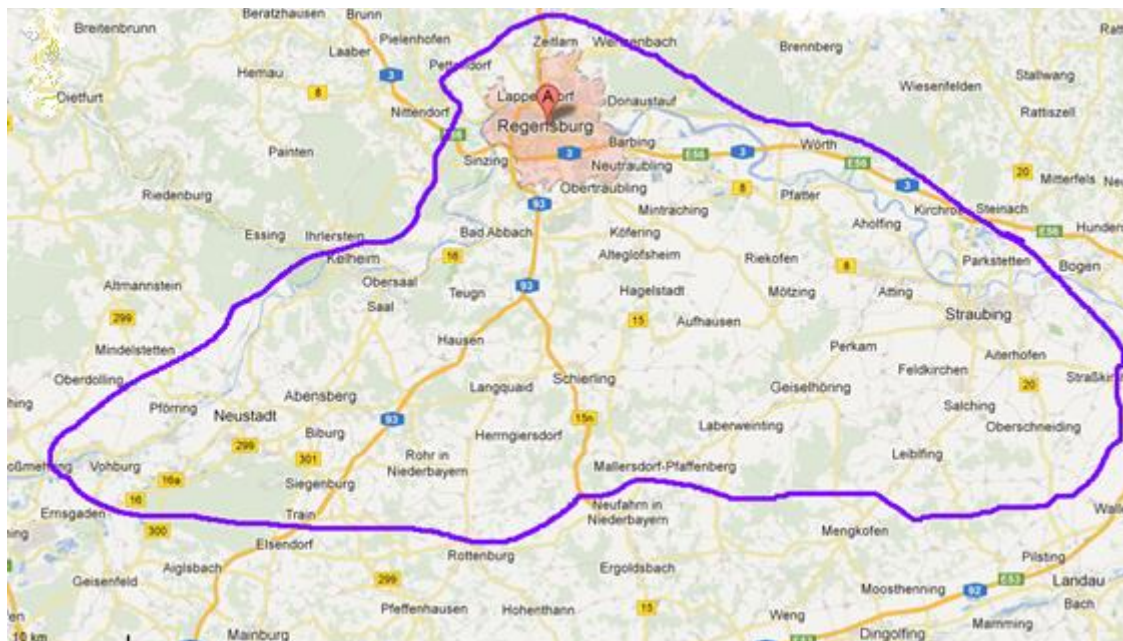


Abbildung 2: Karte zur Darstellung des eingegrenzten Wettergebietes - blaue Markierung grenzt Wettergebiet ein

Aufgenommen wurden die Wetterdaten von einer Wetterstation in Regensburg, je Stunde wurde je ein Datensatz der zu untersuchenden Messgrößen gespeichert.

Bei den aufgenommenen Messgrößen (siehe hierzu auch Tabelle 3) handelt es sich um:

- Lufttemperatur
- Luftdruck
- Dampfdruck
- Bedeckungsgrad
- Windgeschwindigkeit

Hieraus ließen sich zwei weitere Größen ableiten, nämlich:

- Gefühlte Temperatur
- Mittlere Strahlungstemperatur in Bezug auf den Menschen.

2.3 Erhebung der Patientendaten

Bei allen Patienten wurde zunächst der Notaufnahmefebrief gesichtet, der zur Festlegung einer Aufnahmeidiagnose herangezogen wurde. Die Entlassidiagnose wurde aus dem Entlassbrief des betreffenden stationären Aufenthaltes entnommen. Entscheidend für die Einteilung in die verschiedenen von uns erhobenen Gruppen der unterschiedlichen internistischen Erkrankungen war schlussendlich die Entlassidiagnose.

Tabelle 4 zeigt die drei in dieser Arbeit untersuchten Krankheitsbilder, inklusive der Subgruppen-Einteilung für die Krankheitsbilder Vorhofflimmern und kardiale Dekompensation. Im weiteren Verlauf der Auswertung wurden die Untergruppen jeweils unter den Oberbegriffen Vorhofflimmern und kardiale Dekompensation zusammengefasst betrachtet.

Diagnose
Kardiale Dekompensation
Linksventrikuläre kardiale Dekompensation
Rechtsventrikuläre kardiale Dekompensation
Globale kardiale Dekompensation
Vorhofflimmern (VHF)
Ione AF (atriale Fibrillation) = erstmals entdecktes Vorhofflimmern
Paroxysmales Vorhofflimmern (spontanes Ende innerhalb von 48h bis 7 Tagen nach vermutetem Beginn)
Persistierendes Vorhofflimmern (Beendigung des VHF durch Kardioversion oder medikamentöse Behandlung und rhythmuserhaltende Therapie)
Langanhaltendes persistierendes Vorhofflimmern (mehr als ein Jahr bestehendes VHF)
Permanentes Vorhofflimmern (Fortbestehen wird akzeptiert und es wird keine rhythmisierende Behandlung durchgeführt)
Hypertensive Entgleisung/Hypertensiver Notfall

Tabelle 5: Diagnosen im Aufnahmebogen der in dieser Arbeit untersuchten Krankheitsbilder

Zur Phänotypisierung wurden je Patient jeweils folgenden Variablen erhoben und in die Datenbank eingegeben:

Variable	Spezifizierung/Art der Angabe
Notaufnahmedatum	TT.MM.JJ
Wochentag	Mo/Di/Mi/Do/Fr/Sa/So
Aufenthaltsart	Ambulant/stationär intern/stationär extern
Entlassdatum	TT.MM.JJ
Intensivaufenthalt	ja/nein; falls ja: Zeitraum TT.MM.JJ – TT.MM.JJ
Exitus letalis	ja/nein; falls ja: Ursache (soweit zu erfahren)
EKG akut bei Aufnahme	ja/nein falls ja: Angaben zu Rhythmus/Ischämie/ Frequenz

Tabelle 6: In die Datenbank aufgenommen Angaben pro Patient sowie Spezifizierung/Art der Angaben

Für eine genaue Übersicht über die für jeden Patienten aufgenommenen Informationen siehe auch den vollständigen Erhebungsbogen im Anhang.

2.4 Statistische Datenauswertung

Zur statistischen Datenauswertung erfolgten mit der über die Eingrenzung des Wettergebietes erhaltenen Datenbank über das beschriebene Patientenkollektiv konditionelle Regressionsanalysen nach einem Case-Crossover-Design. Das heißt, dass jeder Fall gleichzeitig als seine eigene Kontrolle dient, mit dem Ziel, Confounding-Effekte zu reduzieren (61).

Die Fallperiode bzw. die Fallperioden bezeichnen hierbei die untersuchten Zeitpunkte. Für sie gilt ein hypothetisches kausales Expositionsrisiko, sprich für sie besteht ein (vermutetes) hypothetisch höheres Risiko für das Auftreten der jeweiligen Erkrankung. Dahingegen besteht für die Zeitpunkte der Kontrollperioden ein normales Backgroundrisiko, das heißt, sie werden als Kontrolle verwendet. Abbildung 3 gibt eine schematische Darstellung über eine mögliche Wahl der Fall- und Kontrollperioden. Im ersten Beispiel liegt die Kontrollperiode von der Fallperiode bzw. dem Ereignis aus gesehen in der Vergangenheit, im zweiten Beispiel in der Vergangenheit und in der Zukunft, wohingegen im dritten Beispiel mehrere Kontrollperioden zur Kontrolle in der Vergangenheit gewählt wurden. Eine genaue schematische Darstellung über die in dieser Studie verwendeten Fall- und Kontrollperioden ist in Abbildung 4 ersichtlich.

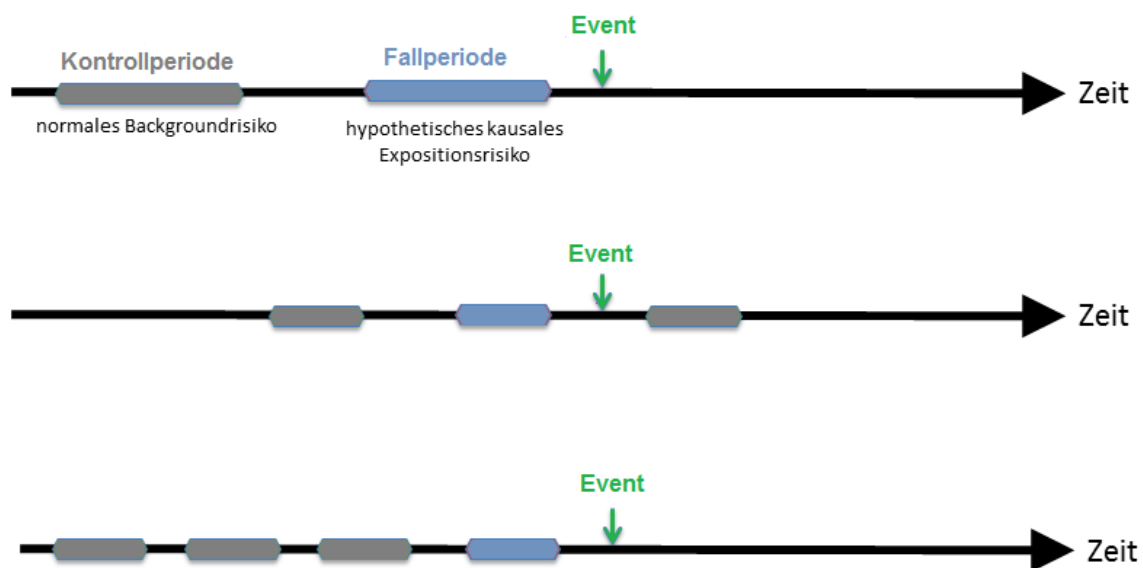


Abbildung 3: Allgemeines Beispiel über eine mögliche Wahl der Fall- und Kontrollperioden im Case-Crossover-Design

Die verwendete Datenbank enthält für alle Wetterparameter stündliche Wetterdaten eines jeden Tages. Untersucht wurde hierbei jeweils mit den Absolut- und den Mittelwerten der Wetterparameter zu folgenden Zeitpunkten:

- Zeitpunkt der Vorstellung bzw. Zeitpunkt 0
- 6 Stunden vor Zeitpunkt 0
- 12 Stunden vor Zeitpunkt 0
- 24 Stunden vor Zeitpunkt 0
- 48 Stunden vor Zeitpunkt 0

Bei den für die Auswertungen verwendeten Statistikprogrammen handelt es sich um:

- IBM SPSS Statistics® (Version 23) der Firma IBM® mit Sitz in Armonk, USA
- stata14® der Firma StataCorp LLC mit Sitz in Texas, USA

Ausgewertet wurde zunächst nach den Absolutwerten, sprich nach den Wetterdaten zu den angegebenen Zeitpunkten, woraus sich entsprechend der fünf Zeitpunkte fünf Fälle pro Patient ergaben, siehe Tabelle 7a.

Zusätzlich zu den Absolutwerten erfolgte eine zweite Analyse, wobei es sich um die Auswertung nach den Tagesmittelwerten handelt.

Bei den Mittelwerten wurden bei den ersten beiden Mittelungen durch Zusammenfassung von drei Zeitpunkten beziehungsweise bei der dritten Mittelung durch die Zusammenfassung von vier Zeitpunkten jeweils der Wettermittelwert der verwendeten Zeitpunkte erstellt, siehe Tabelle 7b.

Die Kontrolle erfolgte bei beiden Auswertungen jeweils in zwei unterschiedlichen Kontrollperioden mit unterschiedlichen Referenzzeitpunkten, die als Kontrollgruppe A und Kontrollgruppe B bezeichnet wurden. In Gruppe A wurden die Werte des jeweiligen zu untersuchenden Zeitpunktes mit den Wetterdaten 7 Tage vor sowie 7 Tagen nach dem entsprechenden Zeitpunkt abgeglichen, in Gruppe B erfolgte die Kontrolle der Wetterveränderungen im Abgleich mit den Referenzwerten 7, 14, 21 und 28 Tage vor dem jeweiligen Zeitpunkt. Die Referenzwerte gelten entsprechend als Kontrolle in Form des Case-Crossover-Designs. Abbildung 4 zeigt eine schematische zeitliche Darstellung über die Fall- und Kontrollperioden, welche in dieser Studie verwendet wurden, unterteilt in die beiden Kontrollperioden A und B.

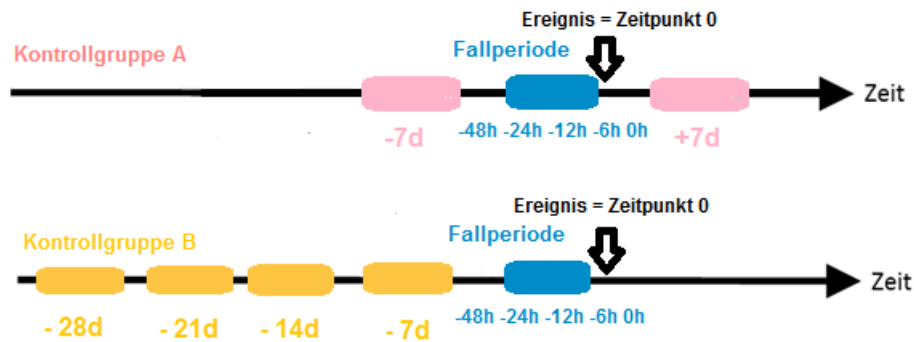


Abbildung 4: Wahl der Fall- und Kontrollperioden im Case-Cross-over-Design in dieser Studie

Fallperiode und Kontrollgruppen bei Verwendung der Absolutwerte:

Fallperiode, Absolutwerte	Kontrollgruppe A	Fälle : Kontrollen (Anzahl)	Kontrollgruppe B	Fälle : Kontrollen (Anzahl)
0 h	-7, +7 d	1:2	-7, -14, -21, -28 d	1:4
-6 h	-7, +7 d	1:2	-7, -14, -21, -28 d	1:4
-12 h	-7, +7 d	1:2	-7, -14, -21, -28 d	1:4
-24 h	-7, +7 d	1:2	-7, -14, -21, -28 d	1:4
-48 h	-7, +7 d	1:2	-7, -14, -21, -28 d	1:4

Tabelle 7a: Übersicht Fall- und Kontrollperioden Absolutwerte

Fallperiode und Kontrollgruppen bei Verwendung der Tagesmittelwerte:

Fallperiode, Tagesmittelwerte	Kontrollgruppe A	Fälle : Kontrollen (Anzahl)	Kontrollgruppe B	Fälle : Kontrollen (Anzahl)
0, -6, -12 h	-7, +7 d	1:2	-7, -14, -21, -28 d	1:4
-6, -12, -24 h	-7, +7 d	1:2	-7, -14, -21, -28 d	1:4
-6, -12, -24, -48 h	-7, +7 d	1:2	-7, -14, -21, -28 d	1:4

Tabelle 7b: Übersicht Fall- und Kontrollperioden Tagesmittelwerte

Um den Verlauf des Wetters zu den untersuchten Zeitpunkten bzw. jeweils bis zu 28 Tage zuvor und 7 Tage danach zu veranschaulichen, wurden Boxplot-Diagramme über den entsprechenden zeitlichen Verlauf der untersuchten Wettervariablen erstellt.

So konnte ein gehäuftes Auftreten bzw. die Exazerbation einer Erkrankung zu einem

bestimmten Zeitpunkt - sprich ein signifikanter Wert in der Regressionsanalyse zu einem bestimmten Zeitpunkt - mit Wetterveränderungen im entsprechenden Zeitraum abgeglichen werden.

Sowohl für die Regressionsanalysen als auch für die Boxplotdiagramme erfolgte die Auswertung in Jahreshälften, und zwar je einer warmen und einer kalten Jahreshälfte. Hierfür wurde eine warme Jahreshälfte von April bis September und eine kalte Jahreshälfte von Oktober bis März definiert.

3. Ergebnisse

3.1 Vorhofflimmern

3.1.1 Baseline-Charakteristika

Im untersuchten Zeitraum stellten sich 80 Fälle mit Vorhofflimmern vor, die in die Studie aufgenommen wurden. Das Durchschnittsalter lag bei 66,2 Jahren.

Eine Übersicht zu Patienten mit Vorhofflimmern befindet sich in Tabelle 8.

Anzahl	
Anzahl Patienten mit Entlassdiagnose VHF	80
davon männlich	41
davon weiblich	39
Alter	
Altersdurchschnitt unabhängig vom Geschlecht	66,2 LJ
Altersdurchschnitt der männlichen Patienten	60,6 LJ
Altersdurchschnitt der weiblichen Patienten	70,4 LJ
Exitus letalis	0
Reanimation	0

Tabelle 8: Baseline-Charakteristika zu den in dieser Studie untersuchten Patienten vorstellig mit Vorhofflimmern

Im Jahresverlauf des analysierten Jahres lag die höchste Fallzahl der in der Notaufnahme vorgestellten Patienten mit Vorhofflimmern im Januar 2012 (n=14). Die zweithöchste Zahl an Patienten mit dieser Diagnose wies der November 2011 auf (n=12), gefolgt vom August 2011 (n=10). Die geringsten Zahlen zeigten sich im September 2011 sowie im April 2012 (n=jeweils 3). Siehe hierzu Abbildung 5.

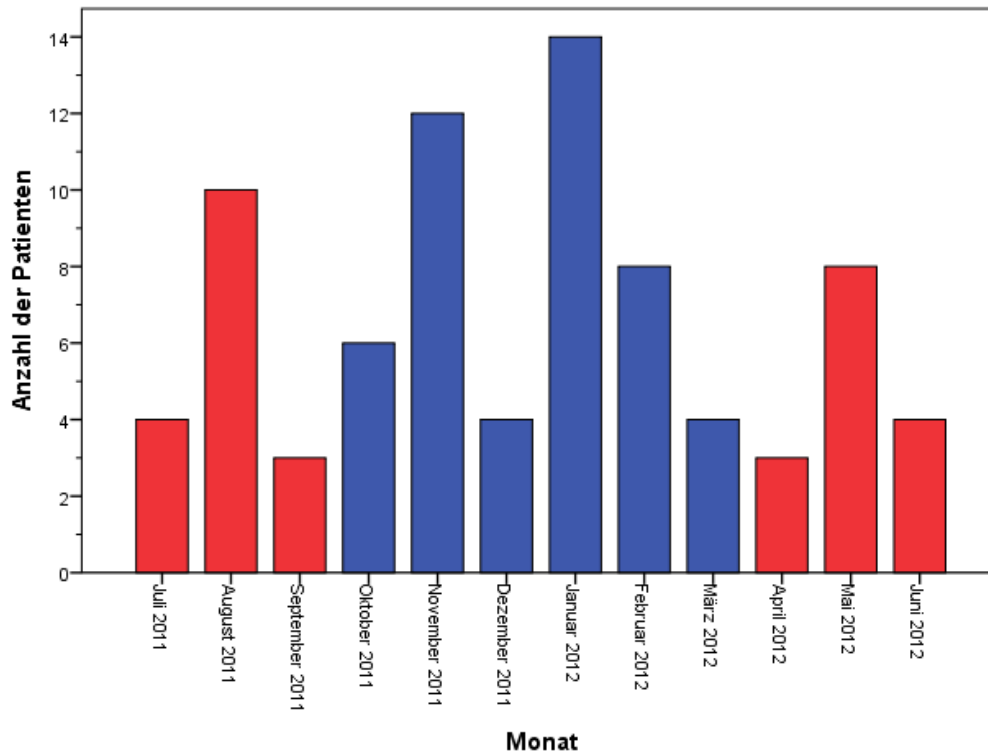


Abbildung 5: Balkendiagramm zur monatlichen Fallzahl der Patienten mit Vorhofflimmern von Juli 2011 bis Juni 2012

Eine Betrachtung dieses Jahres abhängig von den Jahreszeiten (Abbildung 6) zeigt höhere Fallzahlen für Herbst ($n=23$) und Winter ($n=25$) als für Frühling ($n=17$) und Sommer ($n=15$).

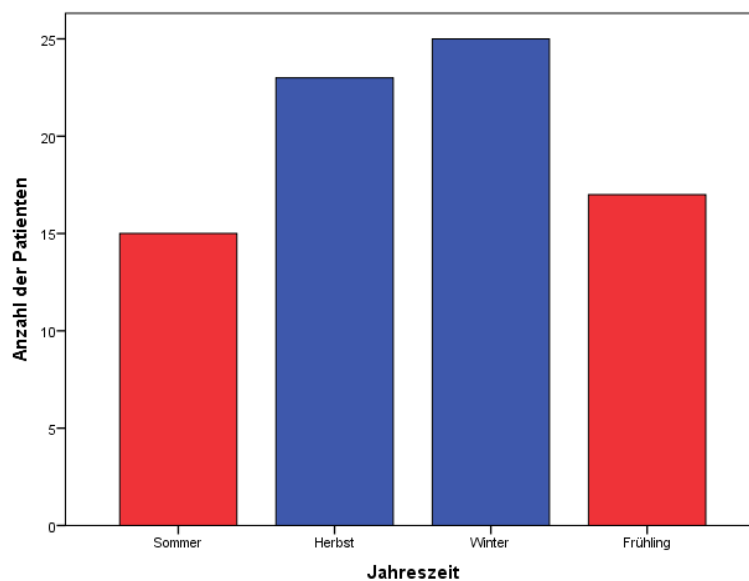


Abbildung 6: Balkendiagramm zur Jahreszeit-abhängigen Fallzahl der Patienten mit Vorhofflimmern im untersuchten Zeitraum

Betrachtet man den Jahresverlauf geschlechterabhängig, zeigte sich ein unterschiedliches Bild. Bei den männlichen Patienten lagen die höchsten Fallzahlen im August und November 2011 (n=jeweils 8), die niedrigsten jeweils im Juli 2011 und März 2012 (n= jeweils 0). Bei den weiblichen Patienten zeichnete sich eine deutliche Häufigkeitsspitze im Januar 2012 ab (n=8). Die niedrigste Zahl zeigte sich im Juni 2012 (n=1). Siehe hierzu Abbildungen 7a und 7b.

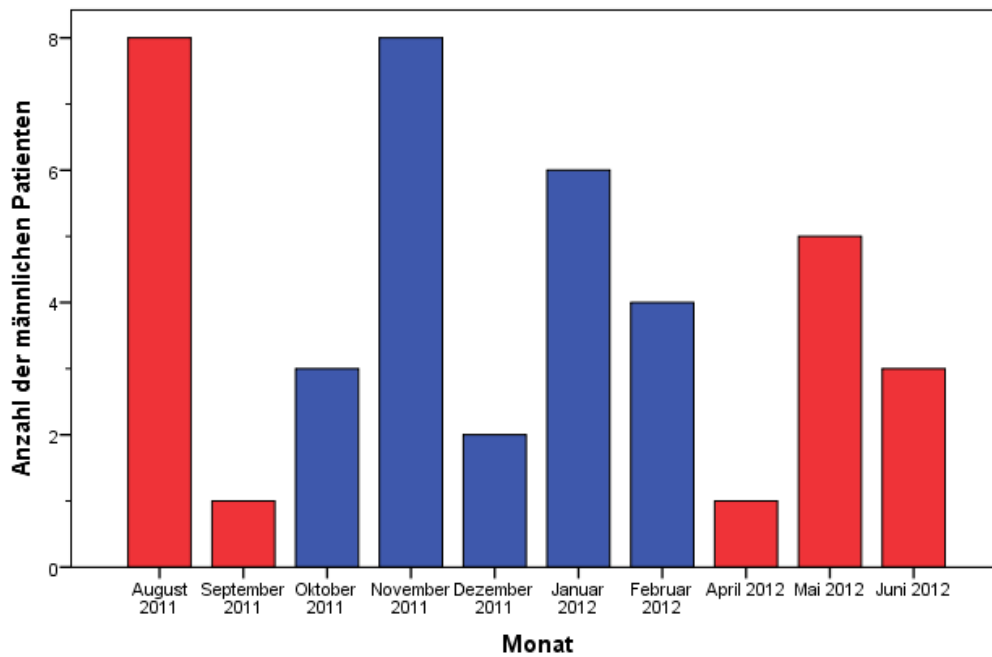


Abbildung 7a: Balkendiagramm zur monatlichen Fallzahl der männlichen Patienten mit Vorhofflimmern von Juli 2011 bis Juni 2012

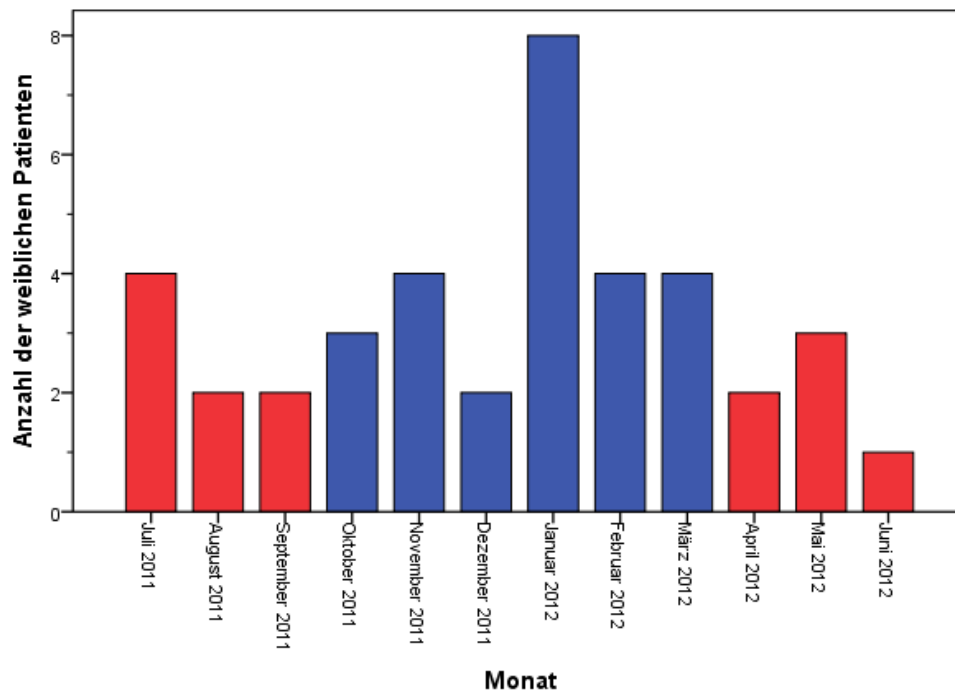


Abbildung 7b: Balkendiagramm zur monatlichen Fallzahl der weiblichen Patienten mit Vorhofflimmern von Juli 2011 bis Juni 2012

Auch die jahreszeitlichen Betrachtungen in Geschlechter unterteilt unterscheiden sich voneinander. Ähnlich der geschlechterunabhängigen Darstellung zeigen sich sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Patienten im Herbst und im Winter jeweils höhere Fallzahlen als im Frühling und im Sommer, jedoch stellten sich die meisten männlichen Patienten im Herbst ($n=14$), die meisten weiblichen Patienten im Winter ($n=15$) vor, siehe Abbildung 8a und 8b.

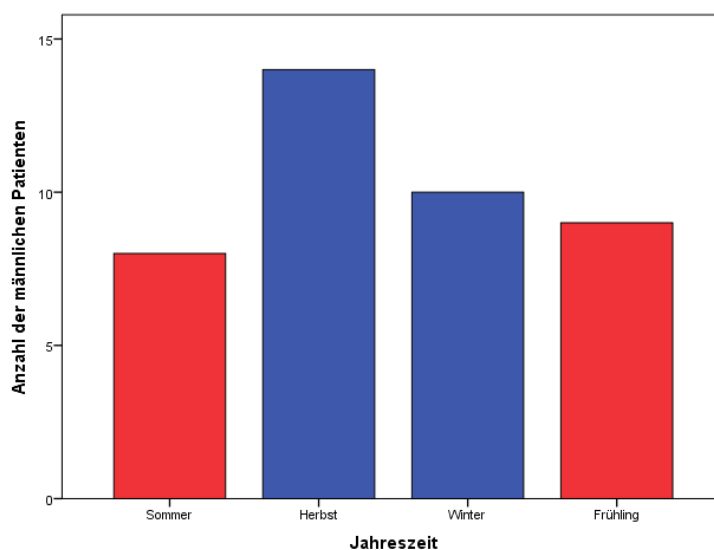


Abbildung 8a: Balkendiagramm zur Jahreszeit-abhängigen Fallzahl der männlichen Patienten mit Vorhofflimmern im untersuchten Zeitraum

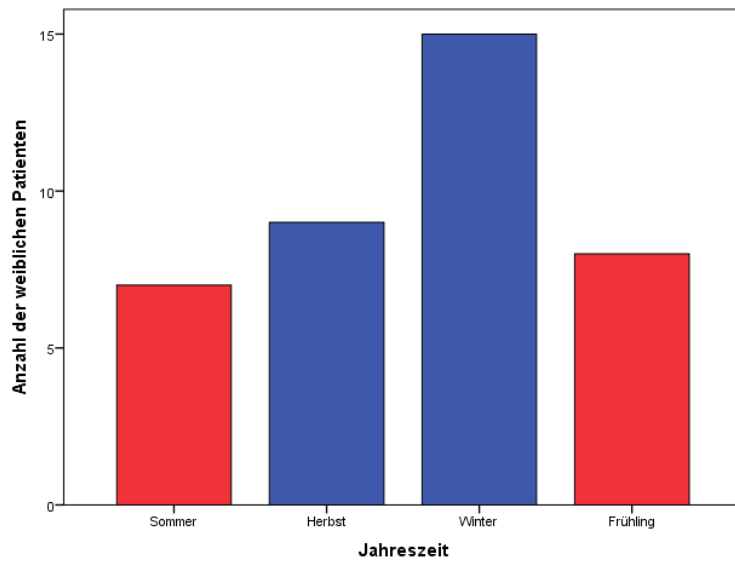


Abbildung 8b: Balkendiagramm zur Jahreszeit-abhängigen Fallzahl der weiblichen Patienten mit Vorhofflimmern im untersuchten Zeitraum

3.1.2 Tabellarische Übersicht

Für Vorhofflimmern zeigten der *Dampfdruck* und der *Bewölkungsgrad* sowie die *Lufttemperatur*, die *mittlere Strahlungstemperatur* und die *gefühlte Temperatur* signifikante Ergebnisse.

Für den *Luftdruck* und die *Windgeschwindigkeit* zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang mit einem gehäuften Auftreten von Vorhofflimmern.

Die gelb markierten Werte ($p < 0.05$) für den Luftdruck sind dahingehend zu vernachlässigen, da hier in Zusammenschau der Absolut- und Mittelwerte mit dem Wetterverlauf in beiden Jahreshälften kein Zusammenhang mit einem gehäuften Auftreten von Vorhofflimmern herzustellen war. Ergebnisdiagramme und Wetterboxplots zu Luftdruck und Windgeschwindigkeit werden daher im Anhang dargestellt.

Absolutwerte warme Jahreshälfte	0h A	-6h A	-12h A	-24h A	-48h A	0h B	-6h B	-12h B	-24h B	-48h B
Luftdruck	0,066	0,181	0,136	0,199	0,264	0,619	0,693	0,624	0,027	0,27
Dampfdruck	0,017	0,480	0,944	0,679	0,856	0,003	0,01	0,09	0,126	0,162
Bewölkungsgrad	0,164	0,926	0,077	0,937	0,937	0,137	0,476	0,018	0,122	0,122
Windgeschwindigkeit	0,059	0,847	0,518	0,984	0,367	0,112	0,419	0,584	0,232	0,232
Lufttemperatur	0,009	0,926	0,614	0,147	0,933	0,002	0,02	0,018	0,108	0,108
Mittl. Strahlungstemp.	0,032	0,640	0,592	0,746	0,746	0,023	0,048	0,029	0,084	0,084
Gef. Temperatur	0,003	0,958	0,889	0,591	0,591	0,002	0,048	0,091	0,031	0,031

Tabelle 9a: Übersicht zur Analyse der Absolutwerte für Vorhofflimmern in der warmen Jahreshälfte;
gelb: $p < 0.05$

Absolutwerte kalte Jahreshälfte	0h A	-6h A	-12h A	-24h A	-48h A	0h A	-6h A	-12h B	-24h B	-48h B
Luftdruck	0,316	0,193	0,258	0,494	0,799	0,025	0,083	0,018	0,689	0,689
Dampfdruck	0,019	0,536	0,387	0,785	0,186	0,001	0,001	0,001	0,006	0,006
Bewölkungsgrad	0,004	0,247	0,198	0,487	0,487	0,006	0,466	0,027	0,465	0,465
Windgeschwindigkeit	0,413	0,502	0,877	0,283	0,516	0,211	0,242	0,372	0,107	0,107
Lufttemperatur	0,028	0,652	0,816	0,841	0,824	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mittl. Strahlungstemp.	0,425	0,854	0,248	0,639	0,639	0,155	0,001	0,002	0,17	0,17
Gef. Temperatur	0,036	0,723	0,681	0,966	0,966	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003

Tabelle 9b: Übersicht zur Analyse der Absolutwerte für Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte;
gelb: $p < 0.05$

Mittelwerte warme Jahreshälfte	0h/-6h/-12h A	-6/-12h/-24h A	-6h/-12h/ -24h/-48h A	0h/-6h/-12h B	-6h/-12h/-24h B	-6h/-12h/ -24h/-48h B
Luftdruck	0,128	0,149	0,378	0,638	0,699	0,744
Dampfdruck	0,343	0,552	0,607	0,013	0,042	0,607
Bewölkungsgrad	0,353	0,080	0,153	0,046	0,010	0,005
Windgeschwindigkeit	0,476	0,902	0,752	0,176	0,465	0,254
Lufttemperatur	0,455	0,457	0,542	0,005	0,004	0,006
Mittl. Strahlungstemp.	0,355	0,250	0,289	0,081	0,021	0,014
Gef. Temperatur	0,351	0,444	0,240	0,010	0,009	0,001

Tabelle 9c: Übersicht zur Analyse der Mittelwertskombinationen für Vorhofflimmern in der warmen Jahreshälfte;
gelb: $p < 0.05$

Mittelwerte kalte Jahreshälfte	0h/-6h/-12h A	-6/-12h/-24h A	-6h/-12h/ -24h/-48h A	0h/-6h/-12h B	-6h/-12h/-24h B	-6h/-12h/ -24h/-48h B
Luftdruck	0,176	0,277	0,370	0,067	0,160	0,027
Dampfdruck	0,422	0,661	0,991	0,001	0,001	0,991
Bewölkungsgrad	0,042	0,487	0,725	0,021	0,254	0,486
Windgeschwindigkeit	0,460	0,873	0,705	0,204	0,669	0,861
Lufttemperatur	0,633	0,750	0,755	0,001	0,001	0,001
Mittl. Strahlungstemp.	0,664	0,302	0,586	0,001	0,001	0,002
Gef. Temperatur	0,664	0,536	0,445	0,001	0,001	0,001

Tabelle 9d: Übersicht zur Analyse der Mittelwertskombinationen für Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte;
gelb: $p < 0.05$

3.1.3 Konditionale logistische Regressionsanalyse

Dampfdruck

Warme Jahreshälfte:

Signifikante Unterschiede zu den Referenzzeitpunkten zeigen sich für die Absolutwerte der warmen Jahreshälfte bei 0h bezüglich beider Kontrollgruppen ($p < 0.05$). In Bezug auf Kontrollgruppe A liegen zu allen anderen Zeitpunkten sowie allen drei Mittelwertskombinationen keine Abweichungen zu den Werten der Referenzzeitpunkte vor (jedes $p = \text{n.s.}$). In Bezug auf Kontrollgruppe B weichen bei den Absolutwerten neben Zeitpunkt 0 auch -6h sowie die Mittelungen 0/-6/-12 h und -6/-12/-24 h signifikant von den jeweiligen Referenzzeitpunkten ab ($p < 0.05$).

Der Dampfdruck zu Zeitpunkt 0 sowie zu 6 Stunden vor Ereignis ist jeweils um 0.4 hPa bis 1.8 hPa höher als 28 bis 14 Tage vor Ereignis. Auch die signifikanten Mittelwertskombinationen weisen im Vergleich mit -28d bis -14d einen leicht höheren Dampfdruck auf - die größte Differenz liegt jeweils zwischen den beiden Mittelwertskombinationen und -28d und beträgt 1.5 hPa.

Dies legt dementsprechend eine Assoziation zwischen einer erhöhten stationären Aufnahme aufgrund von Vorhofflimmern und erhöhten Dampfdruckwerten kurz vor und zu Symptomeintritt nahe.

Kalte Jahreshälfte:

Bei den Absolutwerten der kalten Jahreshälfte weicht in Bezug auf Kontrollgruppe A nur der Wert zu Zeitpunkt 0 signifikant von den Referenzzeitpunkten ab ($p < 0.05$), alle anderen Zeitpunkte sowie alle drei Mittelwertskombinationen zeigen sich nicht signifikant (jedes $p = \text{n.s.}$).

Bezüglich Kontrollgruppe B finden sich im Vergleich der Absolutwerte zu jedem Zeitpunkt sowie zu den beiden Mittelwertskombinationen 0/-6/-12 h und -6/-12/-24 h signifikante Dampfdruckunterschiede zu den Referenzzeitpunkten ($p < 0.05$).

Der Dampfdruck zu Zeitpunkt 0 ist mit 6.1 hPa im Vergleich zu 7 Tage vor und nach dem Ereignis um mindestens 0.3 hPa erniedrigt sowie im Vergleich zu 28 bis 14 Tage vor Ereignis um mindestens 1.0 hPa niedriger. Ebenso zeigen sich zu den Zeitpunkten 6, 12 und 24 Stunden vor Ereignis kleinere Druckwerte als bei -28d bis -7d. Der Dampfdruckwert 48 Stunden vor Symptomeintritt ist ebenfalls um 0.1 bis 0.4 hPa niedriger als zu den Referenzzeitpunkten 28 bis 14 Tage vor Ereignis.

Auch die Dampfdruckwerte der signifikanten Mittelwertskombinationen 0/-6/-12 h und -6/-12/-24 h liegen um 0.7 bis 1.4 hPa niedriger als die Werte ihrer Referenzzeitpunkte -28d bis -7d.

Zusammenfassend zeigt dies einen Zusammenhang zwischen einer erhöhten stationären Aufnahme aufgrund von Vorhofflimmern und niedrigen Dampfdruckwerten bis zu zwei Tage vor Symptomeintritt sowie zum Symptomzeitpunkt auf.

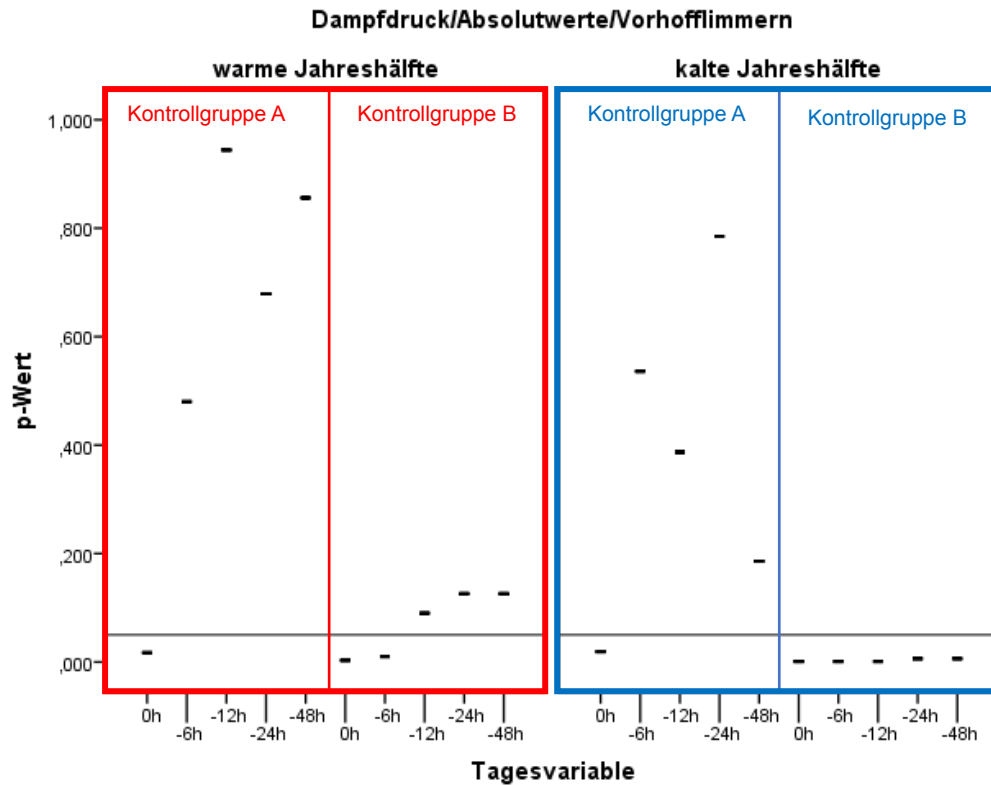


Abbildung 9a: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/Dampfdruck Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

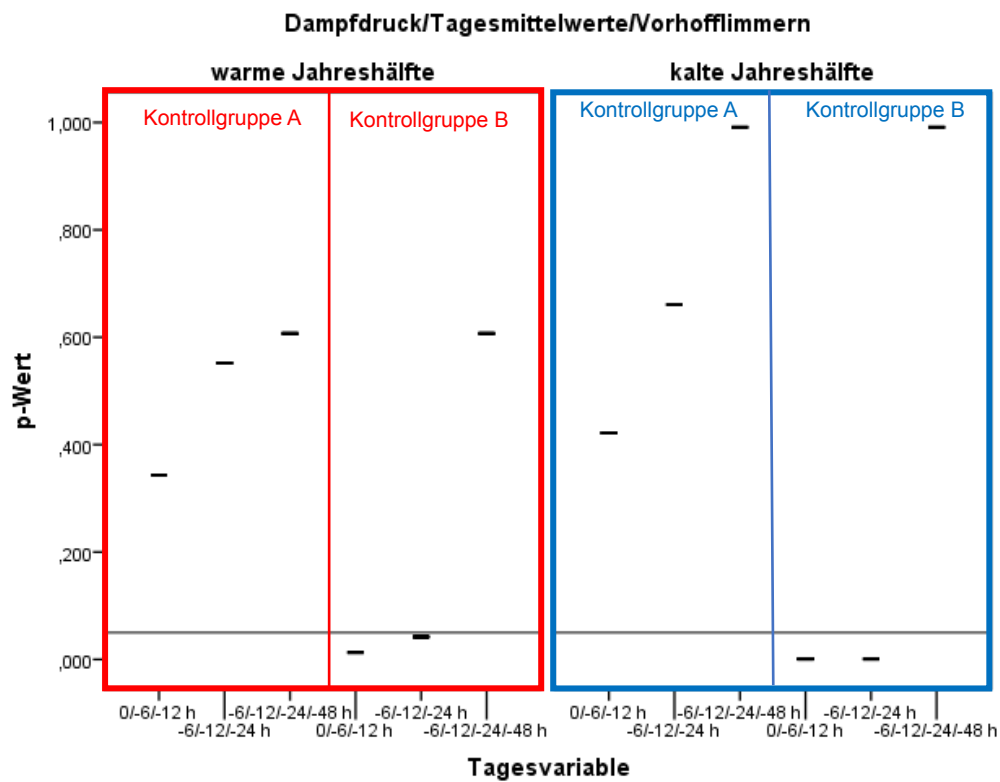


Abbildung 9b: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/Dampfdruck Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

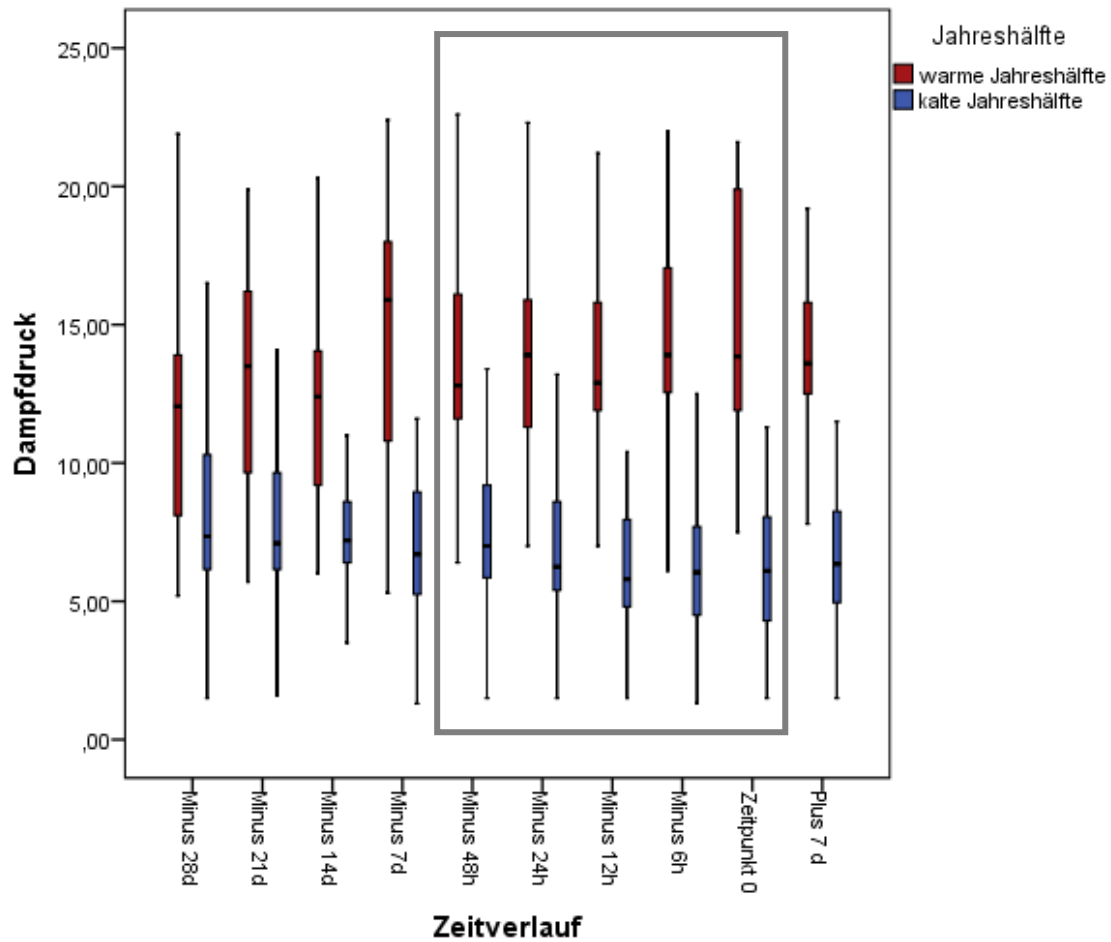


Abbildung 10: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf des Dampfdrucks bezogen auf die untersuchten Fälle von Vorhofflimmern; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (hPa)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	12.1	13.5	12.4	15.9	12.8	13.9	12.9	13.9	13.9	13.6
Kalte Jahreshälfte	7.4	7.1	7.2	6.7	7.0	6.3	5.8	6.1	6.1	6.4

Tabelle 10a: Dampfdruck in Werten (in Hektopascal) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von Vorhofflimmern

Tagesmittelwerte (hPa)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	13.6	13.6	13.4
Kalte Jahreshälfte	6.0	6.0	6.3

Tabelle 10b: Tagesmittelwerte des Dampfdrucks in Werten (in Hektopascal)

Bewölkungsgrad

Warme Jahreshälfte:

Weder die Absolutwerte noch die Mittelwertskombinationen weisen einen signifikanten Unterschied zu den Referenzzeitpunkten von Kontrollgruppe A auf (jedes $p = \text{n.s.}$). In Bezug auf Kontrollgruppe B unterscheidet sich bei den Absolutwerten -12h sowie bei den Tagesmittelwerten alle drei Mittelwertskombinationen signifikant von den Referenzzeitpunkten (p jeweils <0.05).

Dieses Ergebnis stimmt mit einem im Vergleich zu 28 bis 7 Tage vor Ereignis um je mindestens 1.0 Achtel verringertem Bewölkungsgrad bei -12h überein.

Auch die drei Mittelwertskombinationen weisen im Vergleich mit 28 bis 7 Tage vor Ereignis einen um 0.5 Achtel bis 2.0 Achtel verringerten Bewölkungsgrad auf.

Da sich mit -12h nur ein einzelner Zeitpunkt vor Symptomeintritt signifikant zeigt, deutet dies auf einen möglichen, wenn auch sehr schwachen Zusammenhang zwischen einem erniedrigtem Bewölkungsgrad im Vorfeld des Ereignisses und einem gehäuften Auftreten von Vorhofflimmern in der warmen Jahreshälfte hin.

Kalte Jahreshälfte:

Bei den Absolutwerten der kalten Jahreshälfte zeigen sich signifikante Abweichungen von den Referenzzeitpunkten beider Kontrollgruppen zu Zeitpunkt 0 sowie zu -12h bezüglich Kontrollgruppe B (p jeweils <0.05). Außerdem unterscheidet sich die Mittelwertskombination 0/-6/-12 h signifikant von den Referenzzeitpunkten beider Kontrollgruppen (beide $p < 0.05$).

Zeitpunkt 0 zeigt mit 6.0 Achtel einen im Vergleich mit 7 Tagen nach Ereignis sowie mit 28 bis 7 Tagen vor Symptomeintritt einen um ein 1.0 Achtel verringerten Bewölkungsgrad. Auch die Mittelwertskombination 0/-6/-12 h liegt mit 6.8 Achtel um 0.2 Achtel unter dem Bewölkungsgrad 28 bis 7 Tage vor sowie 7 Tage nach Ereignis. Bei -12h liegt der Bewölkungsgrad aber wie bei 28 bis 7 Tage vor Aufnahme bei 7.0 Achtel, was den signifikanten Wert zu diesem Zeitpunkt im Wetterverlauf nicht erklärbar macht. Aufgrund dessen sollte ein möglicher Zusammenhang zwischen dem im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten verringerten Bewölkungsgrad zu Symptomeintritt und einem gehäuften Auftreten von Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte als schwach eingeschätzt werden.

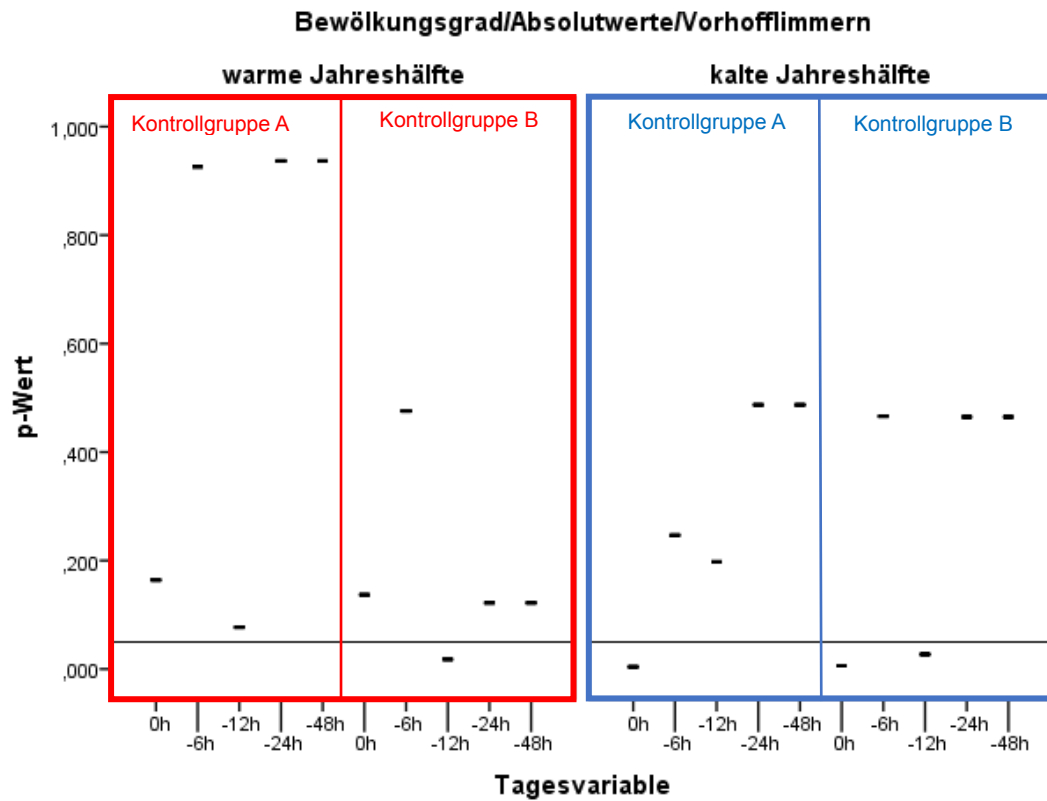


Abbildung 11a: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/Bewölkungsgrad Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

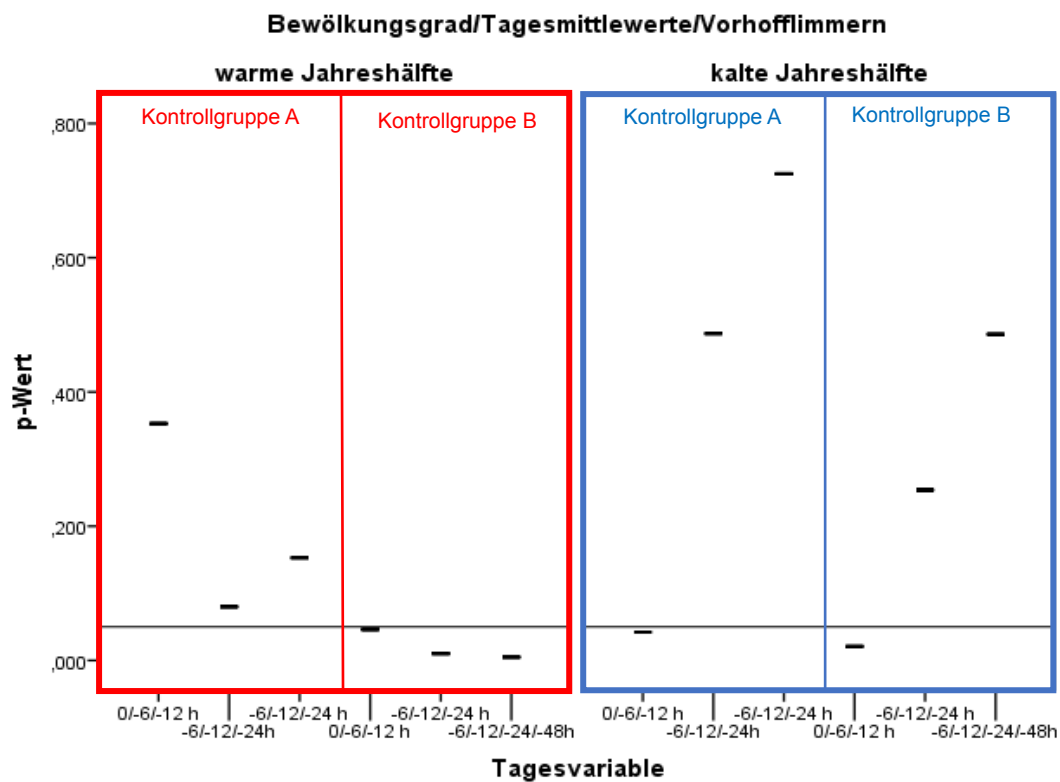


Abbildung 11b: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/Bewölkungsgrad Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

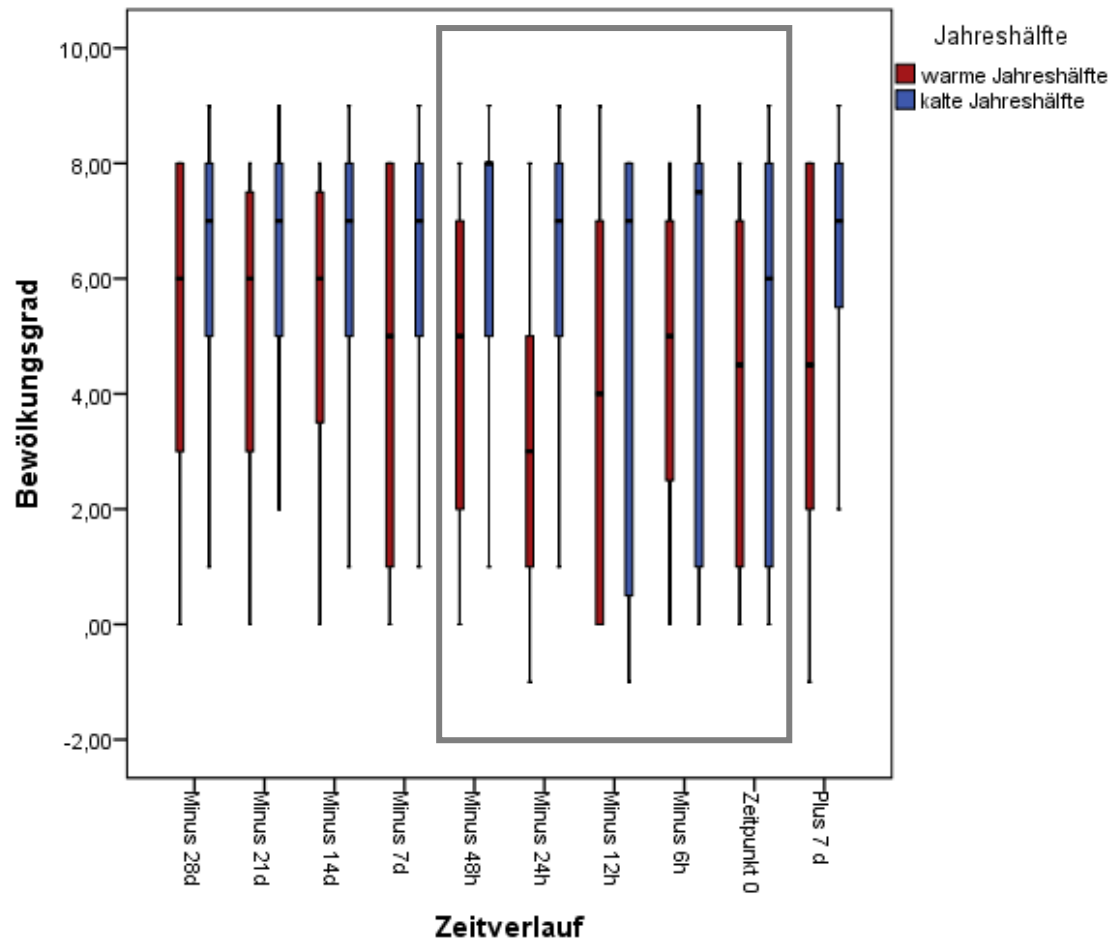


Abbildung 12: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf des Bewölkungsgrad bezogen auf die untersuchten Fälle von Vorhofflimmern; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (Achtel)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0	3.0	4.0	5.0	4.5	4.5
Kalte Jahreshälfte	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	7.0	7.0	7.5	6.0	7.0

Tabelle 11a: Bewölkungsgrad in Werten (in Achteln) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von Vorhofflimmern

Tagesmittelwerte (Achtel)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	4.5	4.0	4.3
Kalte Jahreshälfte	6.8	7.2	7.4

Tabelle 11b: Tagesmittelwerte des Bewölkungsgrad in Werten (in Achteln)

Lufttemperatur

Warme Jahreshälfte:

In Bezug auf die Absolutwerte zeigen sich während der warmen Jahreshälfte zum Zeitpunkt 0 signifikant unterschiedliche Temperaturwerte im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten beider Kontrollgruppen ($p < 0.05$). Auffällig ist, dass sich bezüglich Kontrollgruppe B auch die Zeitpunkte -6h und -12h signifikant von ihren jeweiligen Referenzzeitpunkten unterscheiden ($p < 0.05$). Außerdem zeigt Kontrollgruppe B auch in Bezug auf die Mittelwertsanalyse signifikant unterschiedliche Lufttemperaturwerte im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten (jedes $p < 0.05$), im Gegensatz zu Kontrollgruppe A (jedes $p = \text{n.s.}$).

Die Lufttemperatur zu Zeitpunkt 0 liegt mit 18.6°C um 0.9°C bis 4.7°C höher als zu den Referenzzeitpunkten 28, 21 und 14 Tage vor Ereignis sowie 7 Tage nach Ereignis.

6 Stunden vor Symptomeintritt war die Temperatur mit 17.4°C höher als 28 und 14 Tage vor Ereignis sowie gleich wie zu -21d. Im Vergleich mit -7d (19.0°C) liegt die Temperatur bei -6h niedriger. Vergleicht man die Lufttemperatur 12 Stunden vor Ereignis mit den Temperaturwerten der Referenzzeitpunkte, zeigt sich mit 15.0°C ein um 1.1°C höherer Wert als 28 Tage vor Ereignis und ein um 0.7°C bis 4.0°C niedrigerer Wert als zu den Referenzzeitpunkten 21 bis 7 Tage vor Ereignis.

Die Temperaturwerte der Mittelwertskombinationen -6/-12/-24 h und -6/-12/-24 h liegen höher als 28 bis 14 Tage vor Ereignis und niedriger als 7 Tage vor Symptomeintritt. Die Temperatur aus der Mittelwertskombination 0/-6/-12 h liegt höher als 28 und 14 Tage vor Ereignis, aber niedriger als 21 und 7 Tage vor Symptomeintritt. Die Temperaturen vor Symptomeintritt lagen also 12 Stunden zuvor zunächst niedriger und zu Symptomeintritt hin dann höher als zu den Referenzzeitpunkten, was auf einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Vorhofflimmern mit zunächst im Verhältnis zu den Referenzwerten niedrigeren und zum Symptomeintritt hin höheren Lufttemperaturen hindeutet.

Kalte Jahreshälfte:

Während der kalten Jahreshälfte zeigen sich bezüglich Kontrollgruppe B sowohl im Vergleich der Absolutwerte zu jedem Zeitpunkt als auch aller drei Mittelwertskombinationen signifikant unterschiedliche Temperaturwerte zu den Referenzzeitpunkten (jedes $p < 0.05$). Bezüglich Kontrollgruppe A unterscheidet sich

lediglich Zeitpunkt 0h signifikant von den Referenzzeitpunkten ($p < 0.05$), alle anderen Vergleiche der Kontrollgruppe A sind nicht signifikant (jedes $p = n.s.$).

In der Boxplot-Analyse spiegelt sich dieses Ergebnis wider: die medianen Lufttemperaturen zu den Zeitpunkten der Fallperiode sind niedriger als zu den Referenzzeitpunkten der Kontrollgruppe B. Insbesondere 6 und 12 Stunden vor der stationären Aufnahme zeigen sich mit einer medianen Lufttemperatur von 1.0°C bei -6h bzw. 0.8°C bei -12h um 3.5°C bis 4.9°C reduzierte Lufttemperaturen im Vergleich zu den Werten 28 bis 7 Tage vor Ereignis. Auch im Vergleich Zeitpunkt 0 zu +7d zeigt sich zum Zeitpunkt des Ereignisses eine leicht erniedrigte Temperatur.

Ebenso ist die gemittelte Temperatur aller drei untersuchten Mittelwertskombinationen um 2.3°C bis 4.3°C niedriger als zu den Referenzzeitpunkten der Kontrollgruppe B.

Dies bedeutet eine Assoziation zwischen dem Auftreten von Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte und niedrigen Lufttemperaturen im Vorfeld sowie zum Symptomeintritt.

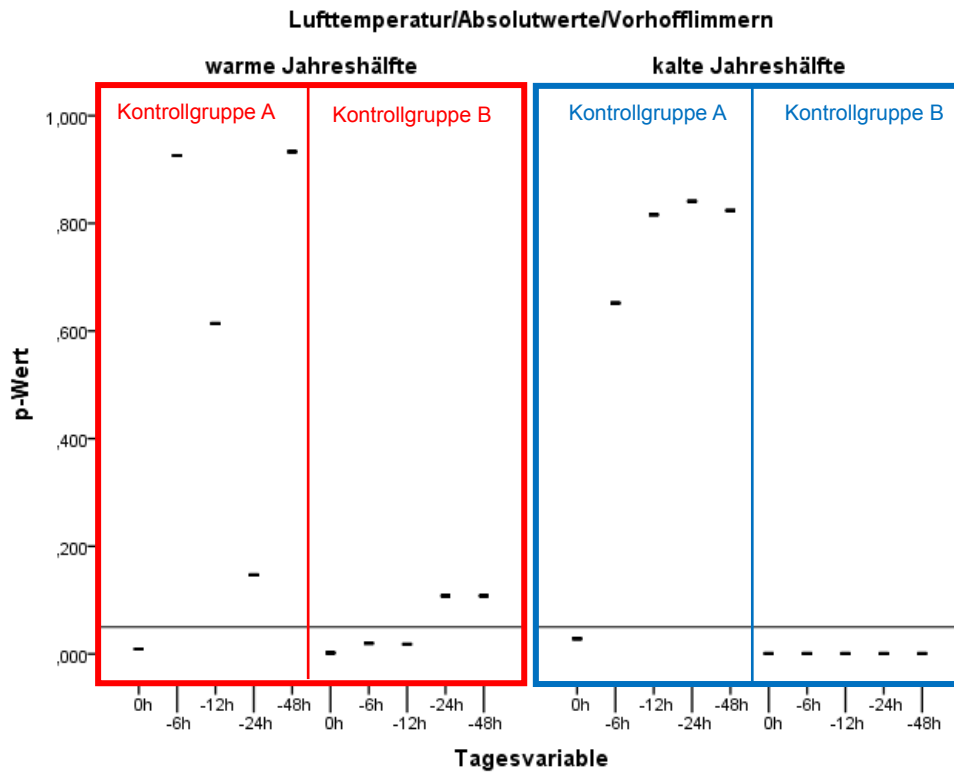


Abbildung 13a: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/Lufttemperatur Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

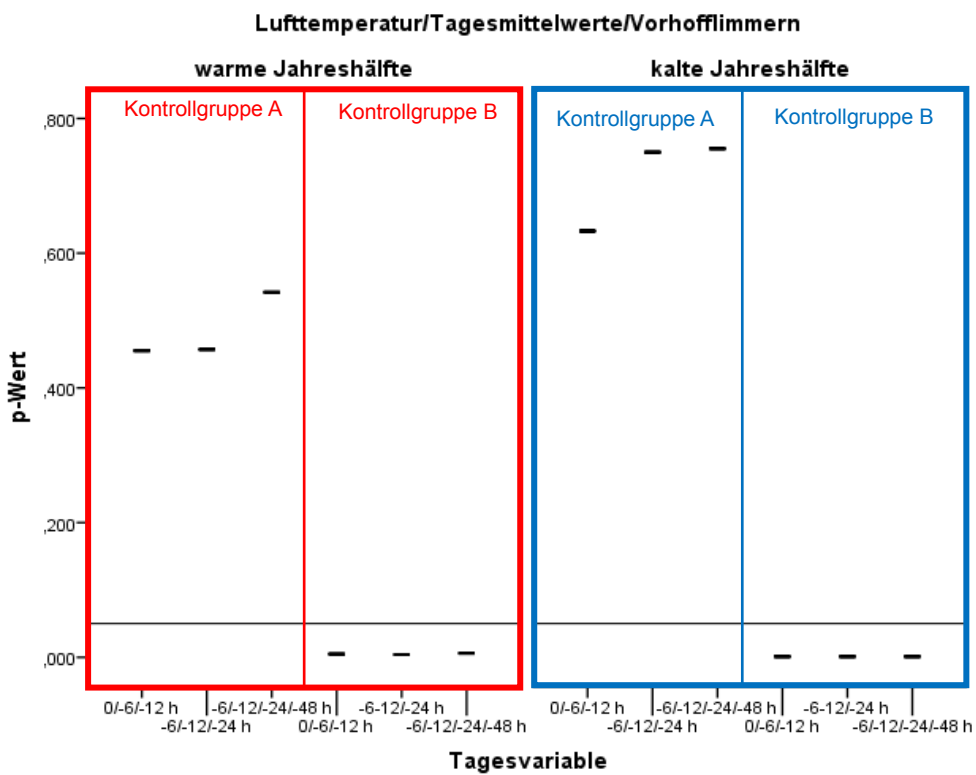


Abbildung 13b: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/Lufttemperatur Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

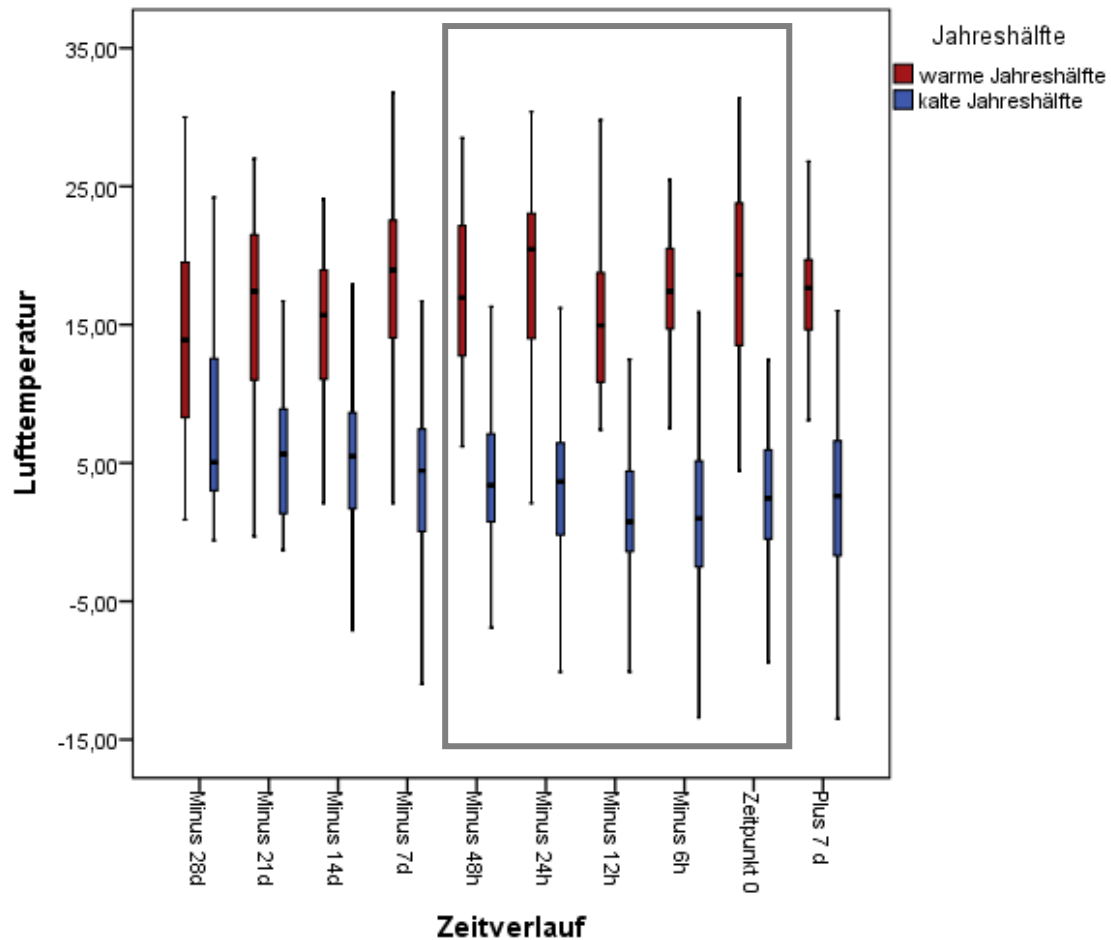


Abbildung 14: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf der Lufttemperatur bezogen auf die untersuchten Fälle von Vorhofflimmern; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (°C)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	13.9	17.4	15.7	19.0	17.0	20.5	15.0	17.4	18.6	17.7
Kalte Jahreshälfte	5.1	5.7	5.5	4.5	3.4	3.7	0.8	1.0	2.5	2.6

Tabelle 12a: Lufttemperatur in Werten (in Grad Celsius) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von Vorhofflimmern

Tagesmittelwerte (°C)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	17.0	17.6	17.5
Kalte Jahreshälfte	1.4	1.8	2.2

Tabelle 12b: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur in Werten (in Grad Celsius)

Mittlere Strahlungstemperatur

Warme Jahreshälfte:

Bezüglich Kontrollgruppe A unterscheidet sich die mittlere Strahlungstemperatur nur zu Zeitpunkt 0 signifikant von den Temperaturen der Referenzzeitpunkte ($p < 0.05$), alle anderen Zeitpunkte sowie die Temperaturen der drei Mittelwertkombinationen sind nicht signifikant ($p = \text{n.s.}$). Dagegen zeigen in Bezug auf Kontrollgruppe B sowohl die Absolutwerte zu Zeitpunkt 0, -6h und -12h als auch die Mittelwertskombinationen -6/-12/-24 h und -6/-12/-24/-48 h signifikante Unterschiede zu den Referenzzeitpunkten ($p < 0.05$).

Im Temperaturverlauf liegt die Temperatur zu Zeitpunkt 0 mit 29.8°C um 7.1°C höher als bei +7d sowie um 0.8°C bis 2.4°C höher als 28 bis 7 Tage vor Ereignis.

Zwischen -6h und den Referenzzeitpunkten -28d bis -7d besteht nur ein geringer Temperaturunterschied: die Temperatur bei -6h ist mit 28.1°C um 0.7°C höher als zu -28d sowie um 0.1°C bis 0.9°C niedriger als 21 bis 7 Tage vor Symptomeintritt. Dagegen liegt die mittlere Strahlungstemperatur 12 Stunden vor Ereignis mit 14.8°C um 12.6°C bis 14.2°C niedriger als zu den Referenzzeitpunkten 28 bis 7 Tage vor Ereignis. Die gemittelten Temperaturwerte der signifikanten Mittelwertkombinationen -6/-12/-24 h und -6/-12/-24/-48 h liegen jeweils unterhalb der Werte der Referenzzeitpunkte -28d bis -7d. Der maximale Temperaturunterschied beträgt 2.9°C zwischen -7d und -6/-12/-24 h sowie 2.0°C zwischen -6/-12/-24/-48 h und -7d.

Es besteht also ein Zusammenhang mit dem gehäuften Auftreten von Vorhofflimmern in der warmen Jahreshälfte und den signifikant niedrigen mittleren Strahlungstemperaturen 12 Stunden vor Ereignis gefolgt von hohen Temperaturen zum Symptomeintritt hin.

Kalte Jahreshälfte:

Für die kalte Jahreshälfte zeigen bezüglich Kontrollgruppe A weder die Absolut- noch die Mittelwertskombinationen relevante Ergebnisse (jedes $p = \text{n.s.}$).

In Bezug auf Kontrollgruppe B zeigen sich im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten bei -6h und -12h der Absolutwerte sowie bei allen drei Mittelwertskombinationen signifikant unterschiedliche mittlere Strahlungstemperaturen im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten ($p < 0.05$).

Diese Ergebnisse decken sich im Abgleich mit dem Boxplotdiagramm mit den

niedrigen Temperaturwerten bei 6 und 12 Stunden vor Aufnahme: 28 bis 7 Tage vor Ereignis liegen die mittleren Strahlungstemperaturwerte deutlich höher. So besteht der größte Temperaturunterschied mit insgesamt 19.5°C Differenz zwischen 12 Stunden vor Aufnahme (-5.4°C) und -14d (14.1°C); der kleinste Temperaturunterschied liegt zwischen 6 Stunden vor Aufnahme (-0.1°C) und -7d (8.0°C) und beträgt 8.1°C.

Auch die Temperaturmittelwerte aller drei Mittelwertskombinationen liegen deutlich unterhalb der Temperaturwerte der Referenzzeitpunkte: der geringste Temperaturunterschied liegt mit 5.1°C zwischen der Temperatur der Mittelung -6/-12/-24/-48h (2.9°C) und -7d, der größte Temperaturunterschied mit 12.6°C zwischen der Temperatur der Mittelung -6/-12/-24°C (1.5°C) und -14d.

Somit lässt sich eine Assoziation mit den im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten niedrigeren mittleren Strahlungstemperaturwerten bei 12 und 6 Stunden vor Ereignis und einem erhöhten Auftreten von Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte herstellen.

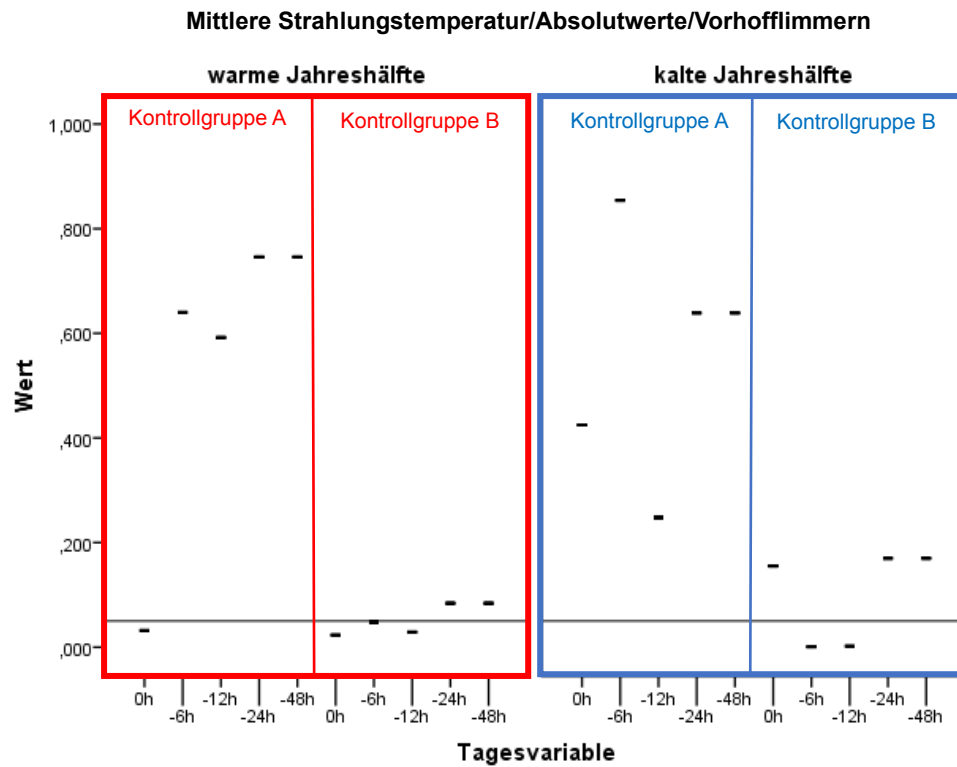


Abbildung 15a: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/mittlere Strahlungstemperatur Absolutwerte; Signifikanzniveau: p -Wert=0.05

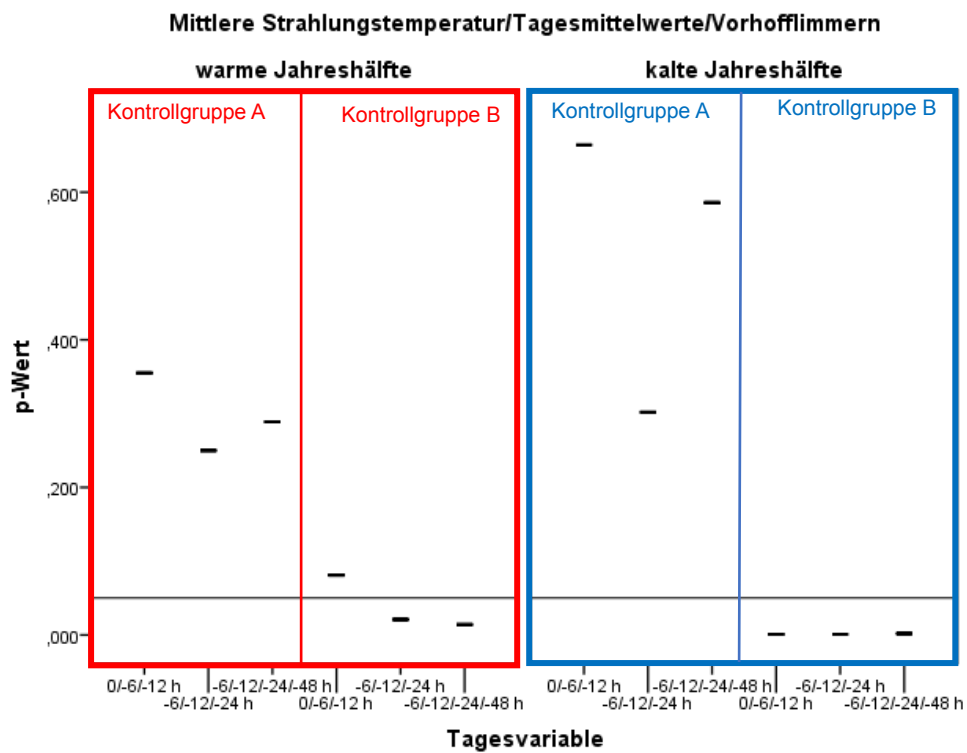


Abbildung 15b: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/mittlere Strahlungstemperatur Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: p -Wert=0.05

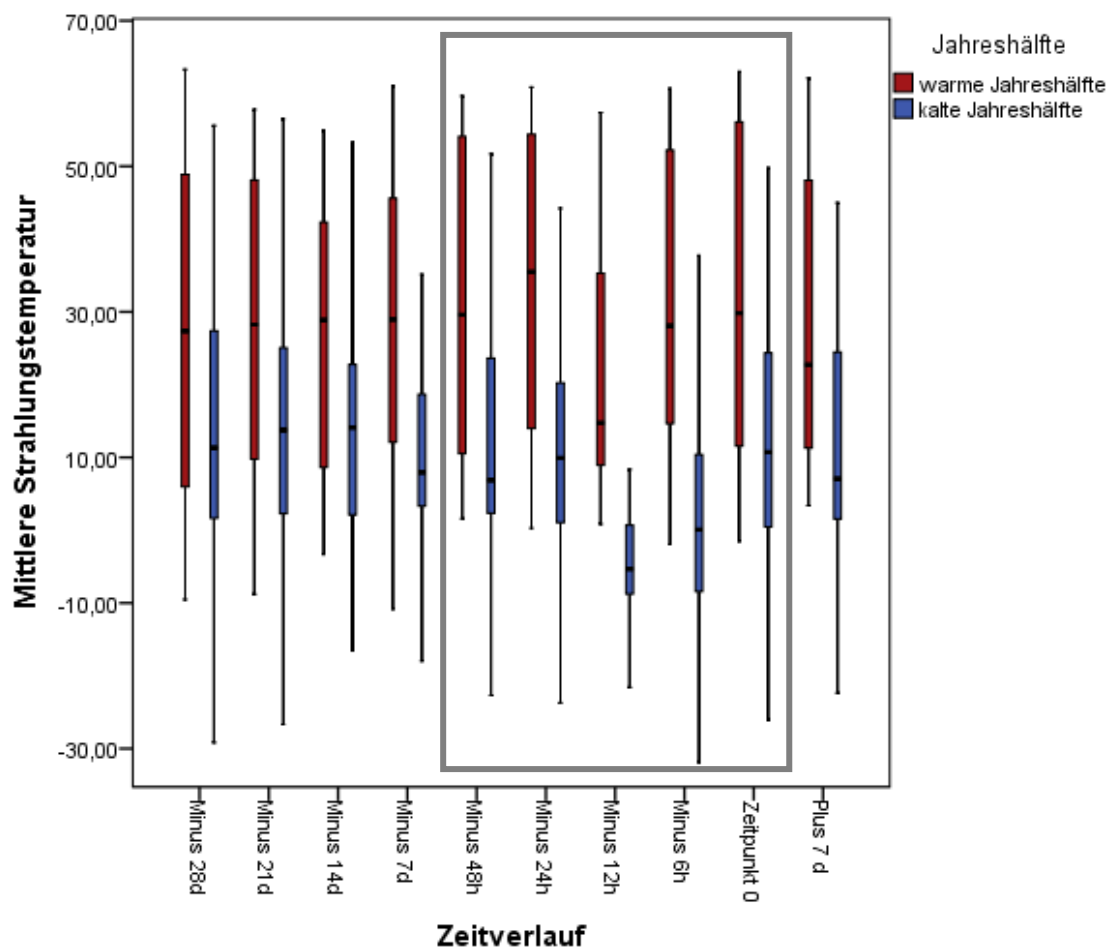


Abbildung 16 : Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf der mittleren Strahlungstemperatur bezogen auf die untersuchten Fälle von Vorhofflimmern; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (°C)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	27.4	28.2	28.9	29.0	29.6	35.5	14.8	28.1	29.8	22.7
Kalte Jahreshälfte	11.3	13.8	14.1	8.0	6.9	9.9	-5.4	-0.1	10.7	7.1

Tabelle 13a: Mittlere Strahlungstemperatur in Werten (in Grad Celsius) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von Vorhofflimmern

Tagesmittelwerte (°C)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	24.2	26.1	27.0
Kalte Jahreshälfte	1.8	1.5	2.9

Tabelle 13b: Tagesmittelwerte der mittleren Strahlungstemperatur in Werten (in Grad Celsius)

Gefühlte Temperatur

Warme Jahreshälfte:

Zeitpunkt 0 weist sowohl in Bezug auf Kontrollgruppe A als auch B einen signifikanten Unterschied zu den Referenzzeitpunkten auf ($p < 0.05$). Bezüglich Kontrollgruppe A sind alle weiteren Zeitpunkte sowie alle drei Mittelwertskombinationen nicht signifikant (jedes $p = n.s.$). In Bezug auf Kontrollgruppe B unterscheiden sich neben Zeitpunkt 0 auch die Temperaturwerte zu -6h, -24h und -48h sowie alle drei Mittelwertskombinationen signifikant von ihren Referenzzeitpunkten (p jeweils < 0.05). Die Ergebnisse zeigen sich in der Boxplotanalyse wie folgt: Die Temperatur zu Zeitpunkt 0 ist um 2.9°C höher als bei +7d sowie deutlich höher als zu den Referenzzeitpunkten -14d, -21d und -28d - die kleinste Differenz beträgt 3.1°C im Vergleich mit -14d, die größte 4.1°C im Vergleich mit -28d. Auch die Temperaturen bei -6h und -48h liegen höher als 28 bis 14 Tage vor Ereignis, die Temperatur bei -24h liegt mit dem Temperaturmaximum von 20.1°C außerdem höher als zu allen Referenzzeitpunkten. Auch die Mittelwertsanalyse deckt sich mit dem Temperaturverlauf der Boxplotanalyse, da die Temperaturwerte der drei Mittelwertskombinationen um 1.4°C bis 3.9°C höher liegen als die Temperaturen zu den Referenzzeitpunkten -14d, -21d und -28d.

Zusammenfassend bedeutet dies einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Vorhofflimmern in der warmen Jahreshälfte und im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten signifikant höheren gefühlten Temperaturen bis zu zwei Tage vor Ereignis sowie zum Symptomzeitpunkt.

Kalte Jahreshälfte:

Während der kalten Jahreshälfte weisen bezüglich der Absolutwerte der Kontrollgruppe A nur der gefühlte Temperaturwert zu Zeitpunkt 0 einen signifikanten Unterschied zu den Referenzzeitpunkten auf ($p < 0.05$), zu allen anderen Zeitpunkten sowie bei den drei Mittelwertskombinationen zeigt kein Wert eine signifikante Abweichung zu den Referenzzeitpunkten der Kontrollperiode A (jedes weitere $p = n.s.$). Bezüglich Kontrollgruppe B sind dagegen alle Temperaturwerte sowie die Temperaturwerte aller drei Mittelwertskombinationen signifikant unterschiedlich im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten (jedes $p < 0.05$).

Die gefühlte Temperatur während der Fallperiode liegt niedriger als 28 bis 7 Tage vor Ereignis, dasselbe gilt für die Temperaturwerte aller drei Mittelwertskombinationen.

Der maximale Temperaturunterschied liegt bei den Absolutwerten zwischen -12h und -21d und beträgt 9.2°C sowie bei den Tagesmittelwerten zwischen der Mittelung 0/-6/-12h und -21d und beträgt 7.1°C.

Dies deutet also darauf hin, dass in der kalten Jahreshälfte signifikant niedrige gefühlte Temperaturen um den Symptomeintritt sowie bis zu zwei Tage zuvor einen Einfluss auf ein erhöhtes Auftreten von Vorhofflimmern haben.

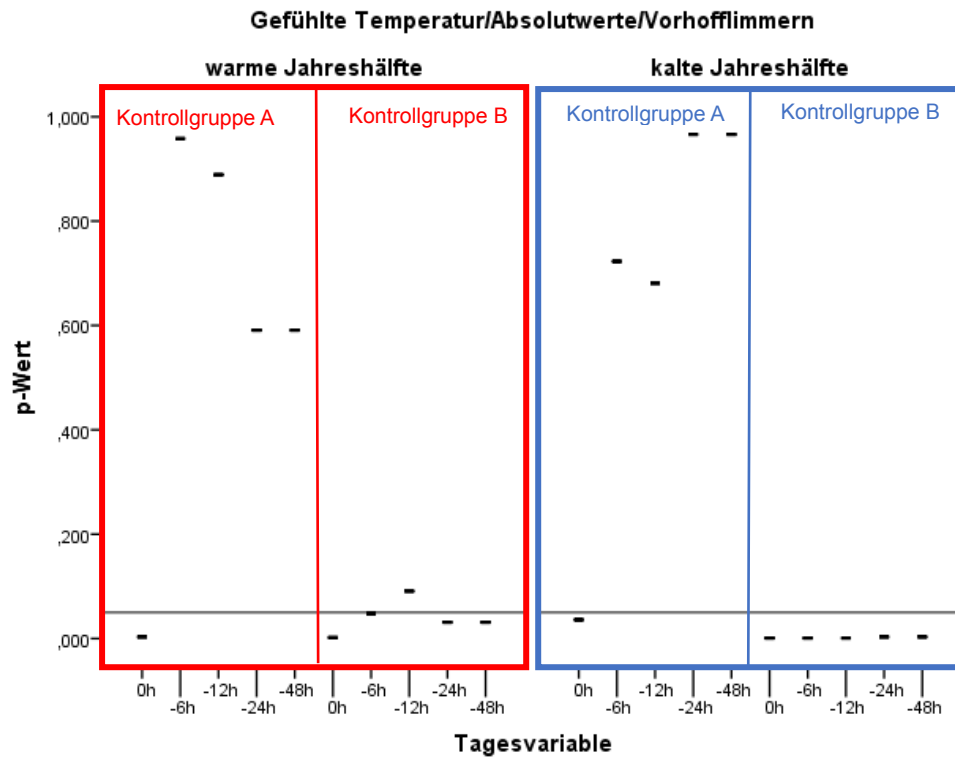


Abbildung 17a: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/gefühlte Temperatur Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

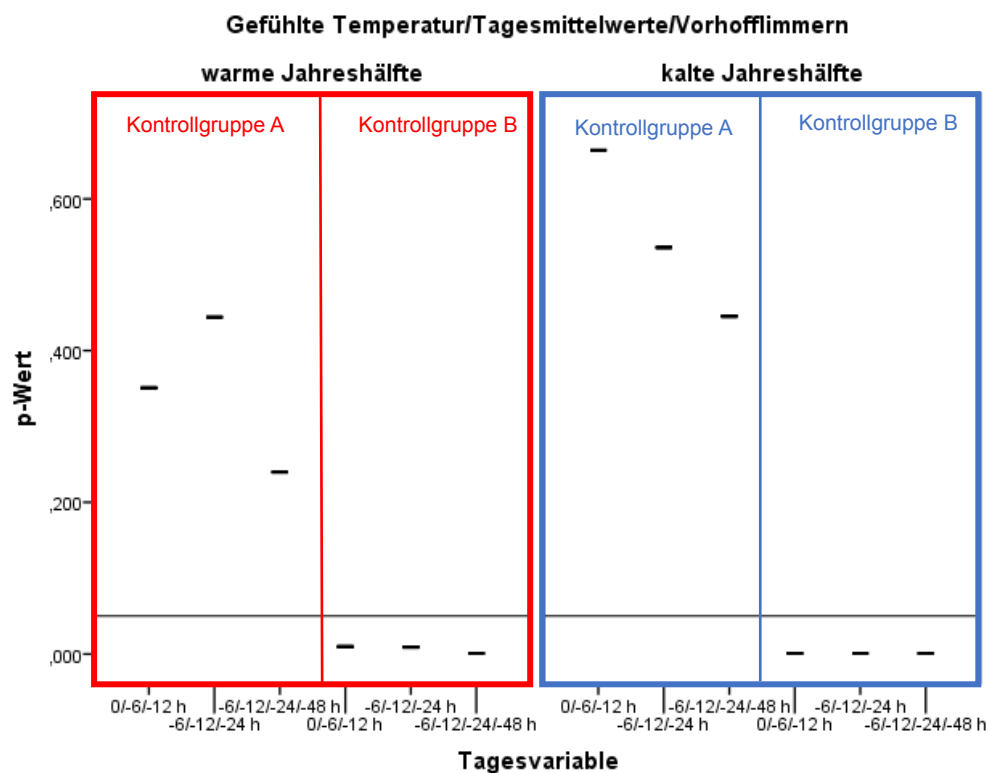


Abbildung 17b: Diagramm Ergebnisse Vorhofflimmern/gefühlte Temperatur Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

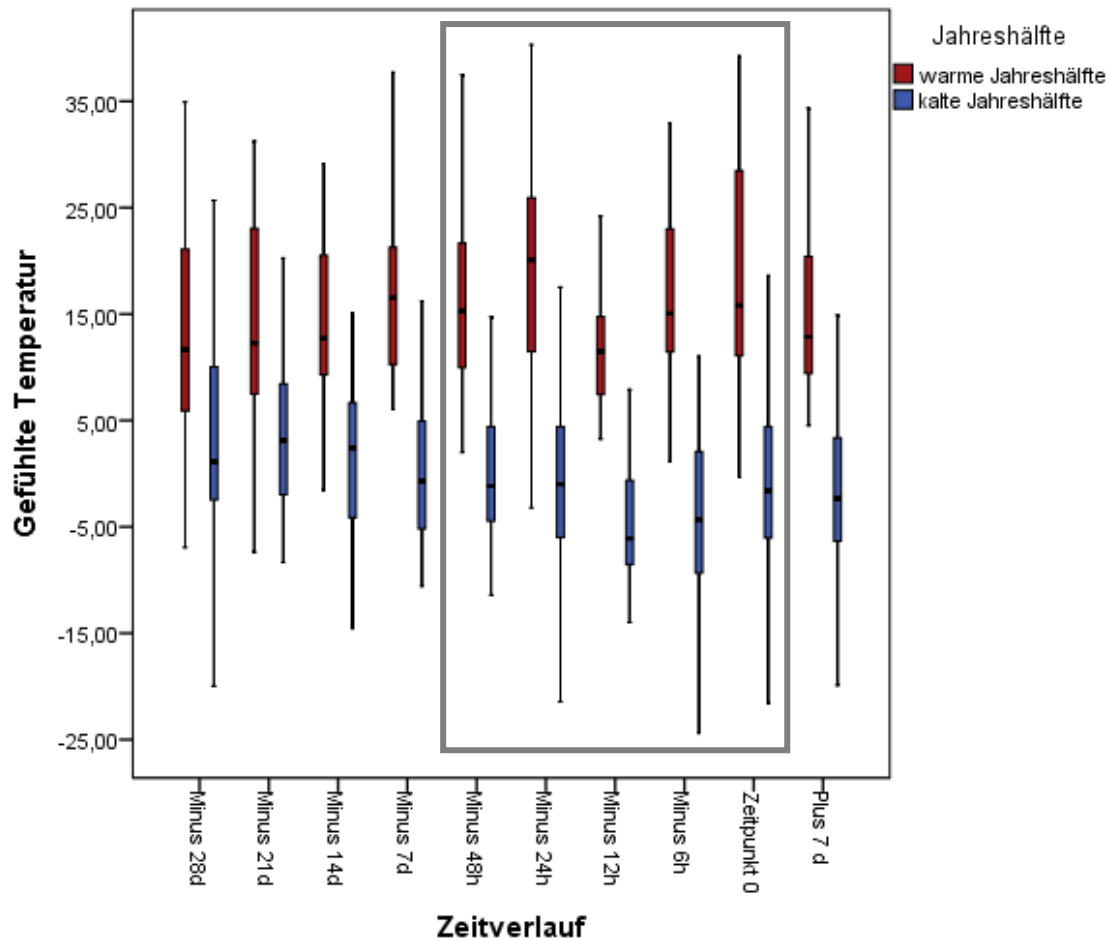


Abbildung 18: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf der gefühlten Temperatur bezogen auf die untersuchten Fälle von Vorhofflimmern; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (°C)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	11.7	12.3	12.7	16.5	15.3	20.1	11.5	15.1	15.8	12.9
Kalte Jahreshälfte	1.1	3.1	2.4	-0.7	-1.2	-1.0	-6.1	-4.3	-1.6	-2.3

Tabelle 14a: Gefühlte Temperatur in Werten (in Grad Celsius) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von Vorhofflimmern

Tagesmittelwerte (°C)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	14.1	15.6	15.5
Kalte Jahreshälfte	-4.0	-3.8	-3.2

Tabelle 14b: Tagesmittelwerte der gefühlten Temperatur in Werten (in Grad Celsius)

3.1.4 Zusammenfassung der konditionalen logistischen Regressionsanalyse

Es konnte eine Korrelation mit Veränderungen verschiedener Wetterparameter und dem Auftreten von Vorhofflimmern hergestellt werden. Die Assoziationen zeigten sich in unterschiedlich ausgeprägter Stärke sowie teilweise in den beiden Jahreshälften verschieden stark ausgeprägt. Für den Luftdruck und die Windgeschwindigkeit wurde kein Zusammenhang festgestellt.

Übersichtstabelle	Warme Jahreshälfte	Kalte Jahreshälfte
Dampfdruck	↑ t ₋₆ und t ₀	↓ t ₋₄₈ bis t ₀
Bewölkungsgrad	↓ t ₋₁₂	↓ t ₀
Lufttemperatur	↓ t ₋₁₂ , gefolgt von ↑ t ₋₆ und t ₀	↓ t ₋₄₈ bis t ₀
Mittlere Strahlungstemperatur	↓ t ₋₁₂ und t ₋₆ , gefolgt von ↑ t ₀	↓ t ₋₁₂ und t ₋₆
Gefühlte Temperatur	↑ t ₋₄₈ , t ₋₂₄ , t ₋₆ und t ₀	↓ t ₋₄₈ bis t ₀

Tabelle 15: Übersicht signifikanter Korrelationen von Wetterlageveränderungen mit dem Auftreten von Vorhofflimmern;

Schematische Darstellung der Assoziation zu den angegebenen Zeitpunkten der Fallperiode (Bezug: Referenzzeitpunkte):

↑ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert, jeweils starke Assoziation
 ↑ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert; jeweils deutliche Assoziation
 ↑ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert; jeweils geringe Assoziation

3.2 Kardiale Dekompensation

3.2.1 Baseline-Charakteristika

Es wurden 194 Patienten, die mit kardialer Dekompensation im untersuchten Zeitraum in der Notaufnahme vorstellig wurden, in die Studie aufgenommen. Der Altersdurchschnitt der Patienten lag bei 75,5 Jahren. Eine Übersicht zu den Patienten mit kardialer Dekompensation befindet sich in Tabelle 16.

Anzahl	
Anzahl Patienten mit Entlassdiagnose kardiale Dekompensation	194
davon männlich	108
Alter	
Altersdurchschnitt der Patienten mit kardialer Dekompensation unabhängig vom Geschlecht	75,5 LJ
Altersdurchschnitt der männlichen Patienten mit kardialer Dekompensation	74,0 LJ
Altersdurchschnitt weiblichen Patienten mit kardialer Dekompensation	77,3 LJ
Exitus letalis	Anzahl:
Anzahl der Patienten mit stattgehabtem Exitus letalis	5
davon männlich	3
Reanimation	Anzahl:
Anzahl der Patienten mit stattgehabter Reanimation	2
davon akut	-
- akute Rea., davon Anzahl männliche Patienten	-
davon im hospitalen Verlauf	2
- Rea. Im hosp.Verlauf, davon Anzahl männliche Patienten	1

Tabelle 16: Baseline-Charakteristika zu den in dieser Studie untersuchten Patienten vorstellig mit kardialer Dekompensation

Betrachtet man alle untersuchten Fälle mit kardialer Dekompensation im Jahresverlauf von Juli 2011 bis Juni 2012 zeigt sich monatlich betrachtet keine deutliche Häufigkeitsspitze. Die meisten Vorstellungen erfolgten im April 2012 (n=22), im Februar 2012 (n=21) und im Juli 2011 (n=20). Die niedrigste Fallzahl weist der Dezember 2011 auf (n=7).

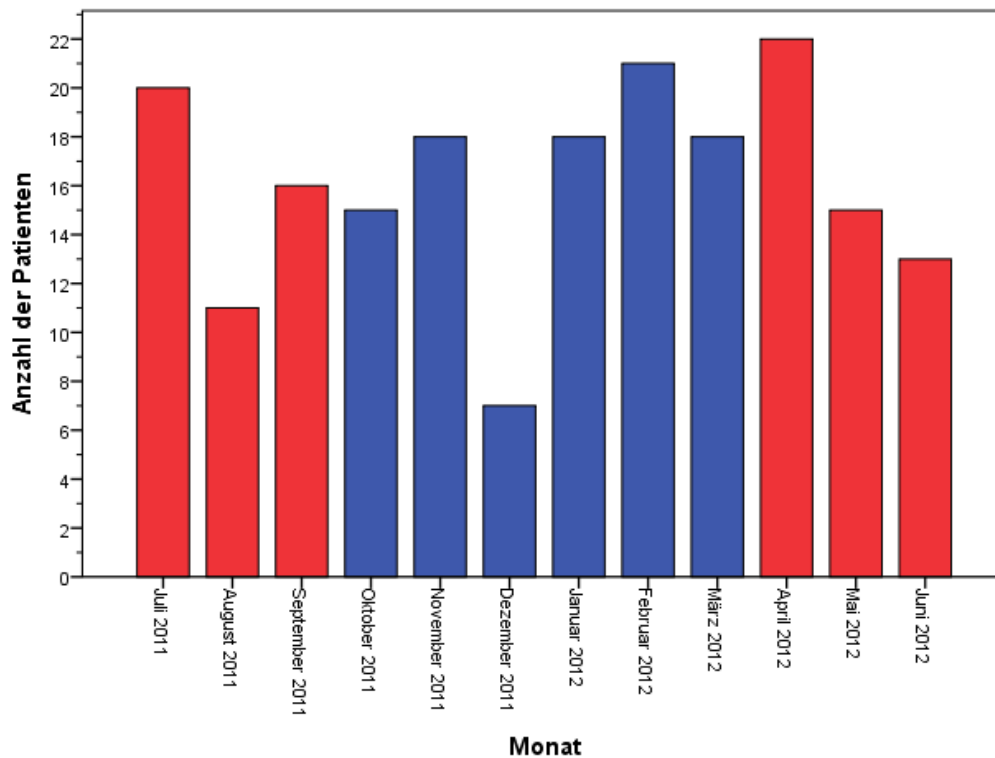


Abbildung 19: Balkendiagramm zur monatlichen Fallzahl der Patienten mit kardialer Dekompensation von Juli 2011 bis Juni 2012

Im jahreszeitlichen Verlauf betrachtet zeigt sich ebenfalls keine ausgeprägte Häufigkeitsspitze. Die meisten Patienten mit kardialer Dekompensation stellten sich im Winter vor (n=56), gefolgt von Frühling (n=50) und Sommer (n=48). Im Herbst stellte sich die geringste Anzahl vor (n=40), siehe Abbildung 20.

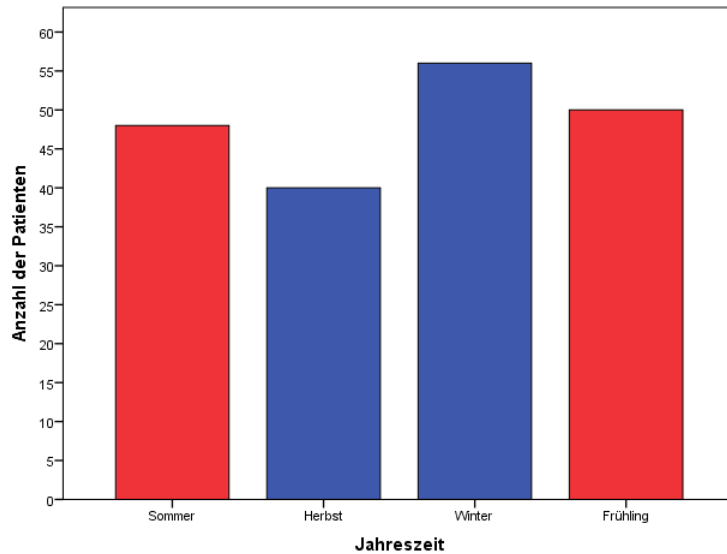


Abbildung 20: Balkendiagramm zur Jahreszeit-abhängigen Fallzahl der Patienten mit kardialer Dekompensation im untersuchten Zeitraum

Sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Patienten mit kardialer Dekompensation im untersuchten Zeitraum ist der Dezember 2011 der Monat mit der jeweils geringsten Fallzahl (w: $n=3$; m: $n=4$). Die höchste Anzahl an männlichen Patienten stellte sich im April 2012 vor ($n=13$), gefolgt von Juli 2011 sowie Januar und Februar 2012 (n =jeweils 12). Die höchste Anzahl an monatlichen Vorstellungen weiblicher Patienten mit kardialer Dekompensation erfolgte im September und November 2011 (n =jeweils 10). Grafische Darstellung hierzu in Abbildung 21a und 21b.

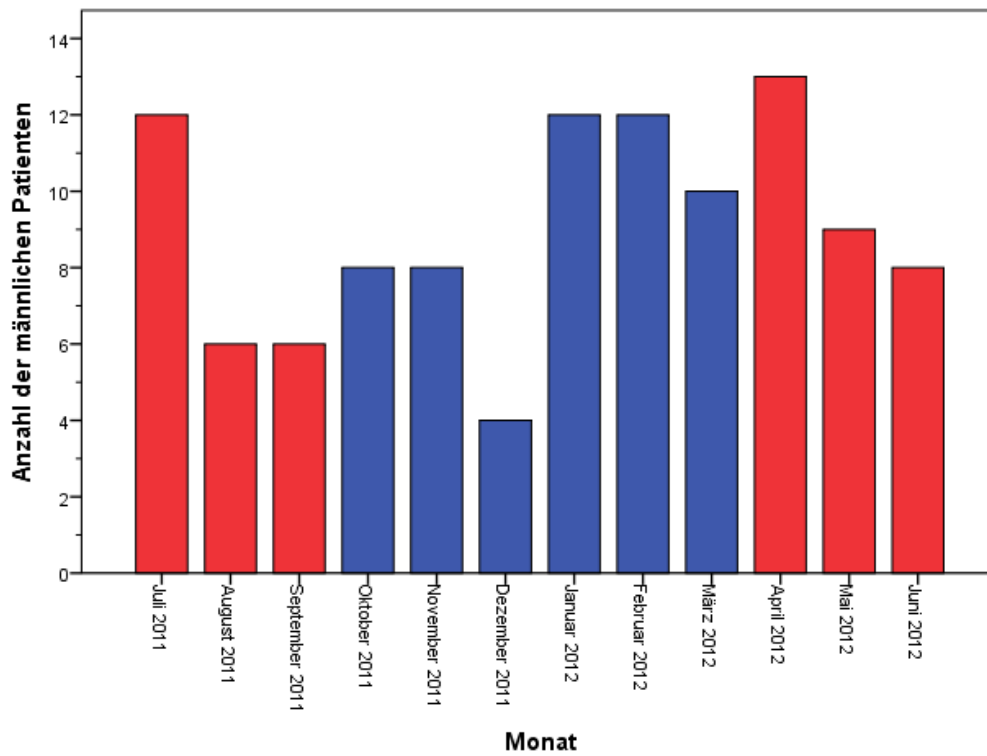


Abbildung 21a: Balkendiagramm zur monatlichen Fallzahl der männlichen Patienten mit kardialer Dekompensation von Juli 2011 bis Juni 2012

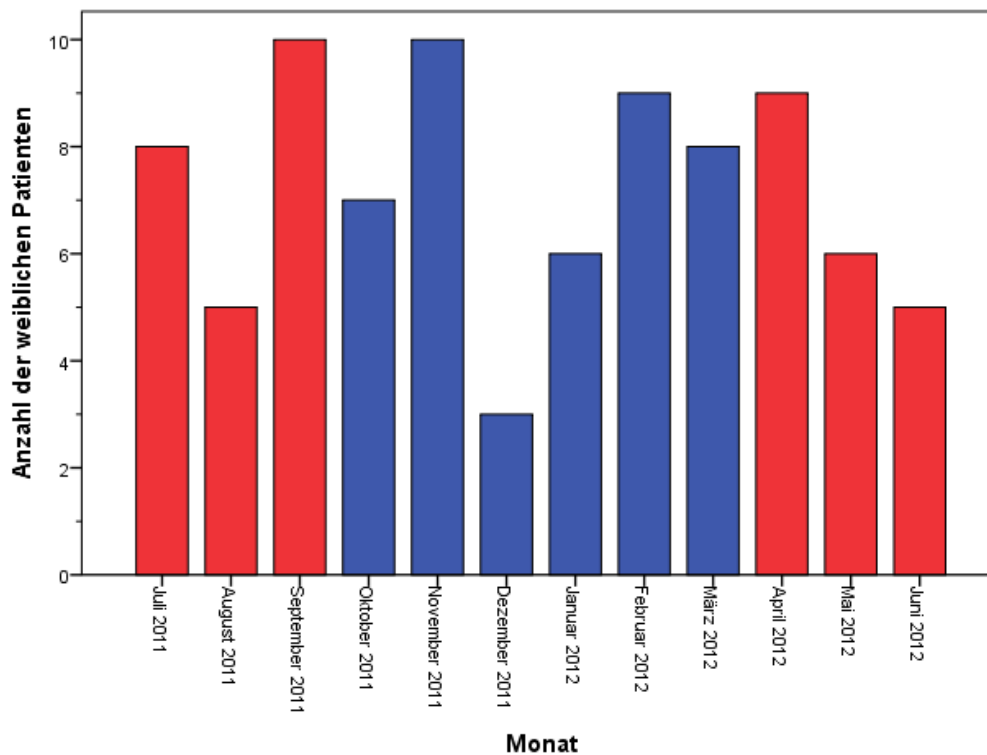


Abbildung 21b: Balkendiagramm zur monatlichen Fallzahl der weiblichen Patienten mit kardialer Dekompensation von Juli 2011 bis Juni 2012

Der jahreszeitliche Verlauf in Geschlechter unterschieden zeigt die höchste Anzahl an männlichen und weiblichen Patienten mit kardialer Dekompensation jeweils in Winter (m: n=32; w: n=23) und die geringste Anzahl jeweils im Herbst (m: n=22; w: n=18).

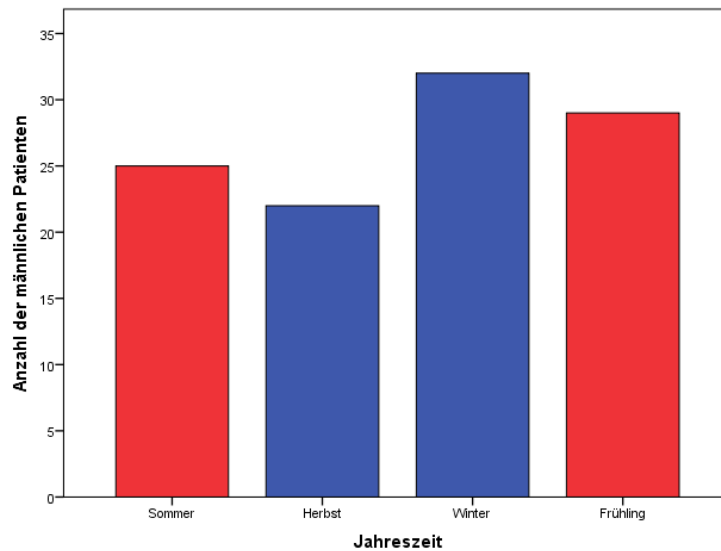


Abbildung 22a: Balkendiagramm zur Jahreszeit-abhängigen Fallzahl der männlichen Patienten mit kardialer Dekompensation im untersuchten Zeitraum

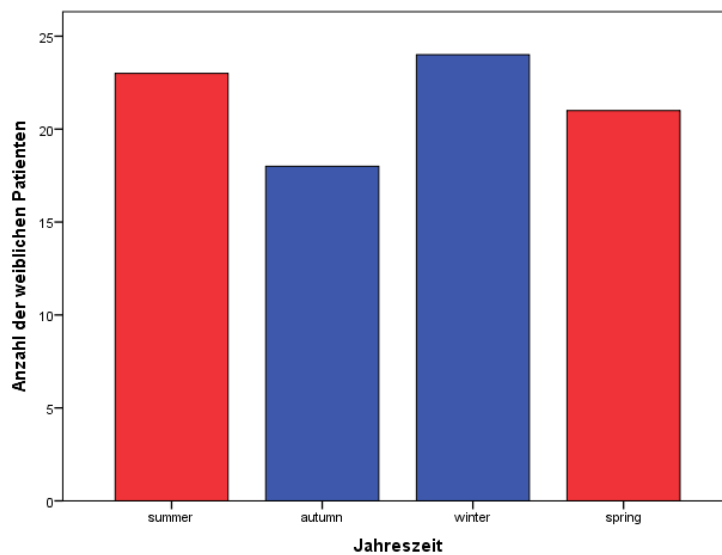


Abbildung 22b: Balkendiagramm zur Jahreszeit-abhängigen Fallzahl der weiblichen Patienten mit kardialer Dekompensation im untersuchten Zeitraum

3.2.2 Tabellarische Übersicht

Signifikante Ergebnisse für den Zusammenhang zwischen dem gehäuften Auftreten bzw. der Exazerbation von kardialer Dekompensation und einer Veränderung des Wetters zeigten sich für den *Dampfdruck*, die *Lufttemperatur*, die *gefühlte Temperatur* und die *mittlere Strahlungstemperatur* in der warmen Jahreshälfte sowie für den *Luftdruck* und die *Windgeschwindigkeit* in der kalten Jahreshälfte.

Bezüglich des Dampfdrucks ergaben sich zwar auch in der kalten Jahreshälfte Werte unterhalb des Signifikanzniveaus, jedoch konnte in Zusammenschau der Absolut- und der Mittelwerte mit dem entsprechenden Wetterverlaufsboxplot ein klinisch relevanter Zusammenhang mit einem gehäuften Auftreten von kardialer Dekompensation in der kalten Jahreshälfte anhand dieser Auswertung nicht bewiesen werden (siehe 3.2.3).

Für den *Bewölkungsgrad* ergaben sich keine signifikanten Ergebnisse, Ergebnisdiagramme und Wetterboxplot befinden sich daher im Anhang.

Absolutwerte Warme Jahreshälfte	0h A	-6h A	-12h A	-24h A	-48h A	0h B	-6h B	-12h B	-24h B	-48h B
Luftdruck	0,385	0,160	0,124	0,188	0,380	0,302	0,118	0,065	0,156	0,156
Dampfdruck	0,329	0,793	0,842	0,130	0,538	0,018	0,010	0,034	0,369	0,369
Bewölkungsgrad	0,995	0,863	0,504	0,447	0,447	0,675	0,200	0,274	0,960	0,960
Windgeschwindigkeit	0,917	0,253	0,811	0,687	0,171	0,321	0,843	0,418	0,165	0,164
Lufttemperatur	0,035	0,311	0,464	0,407	0,151	0,002	0,003	0,003	0,915	0,915
Mittl. Strahlungstemp.	0,206	0,226	0,489	0,318	0,318	0,046	0,004	0,091	0,837	0,837
Gef. Temperatur	0,115	0,403	0,512	0,328	0,328	0,006	0,004	0,012	0,699	0,699

Tabelle 17a: Übersicht zur Analyse der Absolutwerte für kardiale Dekompensation in der warmen Jahreshälfte; gelb: $p < 0.05$

Absolutwerte kalte Jahreshälfte	0h A	-6h A	-12h A	-24h A	-48h A	0h B	-6h B	-12h B	-24h B	-48h B
Luftdruck	0,244	0,448	0,341	0,459	0,660	0,067	0,046	0,015	0,298	0,298
Dampfdruck	0,248	0,841	0,754	0,724	0,465	0,070	0,093	0,066	0,027	0,027
Bewölkungsgrad	0,860	0,918	0,951	0,948	0,948	0,744	0,744	0,774	0,898	0,898
Windgeschwindigkeit	0,778	0,059	0,032	0,994	0,729	0,541	0,077	0,003	0,899	0,899
Lufttemperatur	0,795	0,798	0,603	0,534	0,297	0,979	0,724	0,293	0,909	0,909
Mittl. Strahlungstemp.	0,493	0,786	0,360	0,751	0,751	0,311	0,858	0,805	0,880	0,880
Gef. Temperatur	0,987	0,858	0,655	0,414	0,414	0,808	0,858	0,749	0,969	0,969

Tabelle 17b: Übersicht zur Analyse der Absolutwerte für kardiale Dekompensation in der kalten Jahreshälfte; gelb: $p < 0.05$

Mittelwerte warme Jahreshälfte	0h/-6h/-12h A	-6h/-12h/-24h A	-6h/-12h/ -24h/-48h A	0h/-6h/-12h A	-6h/-12h/-24h A	-6h/-12h/ -24h/-48h A
Luftdruck	0,211	0,139	0,150	0,129	0,071	0,067
Dampfdruck	0,492	0,873	0,920	0,008	0,044	0,920
Bewölkungsgrad	0,631	0,935	0,673	0,977	0,858	0,948
Windgeschwindigkeit	0,327	0,389	0,841	0,495	0,554	0,315
Lufttemperatur	0,349	0,795	0,781	0,001	0,009	0,041
Mittl. Strahlungstemp.	0,562	0,908	0,774	0,008	0,149	0,255
Gef. Temperatur	0,505	0,940	0,771	0,002	0,043	0,097

Tabelle 17c: Übersicht zur Analyse der Mittelwertskombinationen für kardiale Dekompensation in der warmen Jahreshälfte; gelb: $p < 0.05$

Mittelwerte kalte Jahreshälfte	0h/-6h/-12h A	-6h/-12h/-24h A	-6h/-12h/ -24h/-48h A	0h/-6h/-12h B	-6h/-12h/-24h B	-6h/-12h/ -24h/-48h B
Luftdruck	0,463	0,402	0,601	0,032	0,016	0,027
Dampfdruck	0,704	0,917	0,888	0,077	0,047	0,888
Bewölkungsgrad	0,932	0,812	0,791	0,966	0,823	0,846
Windgeschwindigkeit	0,064	0,094	0,204	0,033	0,015	0,035
Lufttemperatur	0,851	0,954	0,809	0,621	0,555	0,623
Mittl. Strahlungstemp.	0,477	0,869	0,784	0,695	0,695	0,728
Gef. Temperatur	0,930	0,790	0,639	0,940	0,924	0,910

Tabelle 17d: Übersicht zur Analyse der Mittelwertskombinationen für kardiale Dekompensation in der kalten Jahreshälfte; gelb: $p < 0.05$

3.2.3 Konditionale logistische Regressionsanalyse

Luftdruck

Warme Jahreshälfte:

In der warmen Jahreshälfte ergeben sich für den Luftdruck keine signifikanten Ergebnisse unterhalb des Signifikanzniveaus, weder bezüglich der Absolutwerte noch der Mittelwertskombinationen (jedes $p=n.s.$).

Kalte Jahreshälfte:

Bezüglich Kontrollgruppe A zeigen sich weder bei den Absolutwerten noch bei den Mittelwertskombinationen signifikante Unterschiede zu den jeweiligen Referenzzeitpunkten (jedes $p=n.s.$). Dagegen unterscheiden sich in Bezug auf Kontrollgruppe B -6h und -12h sowie alle drei Mittelwertskombinationen signifikant von den Luftdruckwerten ihrer Referenzzeitpunkte (jedes $p<0.05$).

Diese Ergebnisse lassen sich im Wetterverlauf mit erhöhten Luftdruckwerten bei -6h und -12h nachvollziehen: Der Luftdruck zu den beiden Zeitpunkten liegt jeweils höher als zu den Referenzzeitpunkten 28 bis 7 Tage vor Ereignis. Der Luftdruck unterscheidet sich hierbei für -6h um 0.4 hPa bis 2.7 hPa und für -12h um 0.1 hPa bis 2.4 hPa. Dementsprechend zeigen sich auch für die Mittelwertskombinationen, welche alle drei die beiden signifikanten Variablen enthalten, erhöhte Luftdruckwerte im Vergleich mit den Referenzzeitpunkten: der Druck der Mittelungen 0/-6/-12 h sowie -6/-12/-24 h liegt oberhalb der Druckwerte 28 bis 7 Tage vor Ereignis, die Mittelwertskombination -6/-12/-24/-48 h zeigt im Vergleich mit 28 bis 14 Tagen vor Symptomeintritt einen erhöhten Luftdruck.

Somit lässt sich sagen, dass in der kalten Jahreshälfte im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten erhöhte Luftdruckwerte im Vorfeld des Ereignisses mit einer vermehrten stationären Aufnahme von kardialer Dekompensation assoziiert sind.

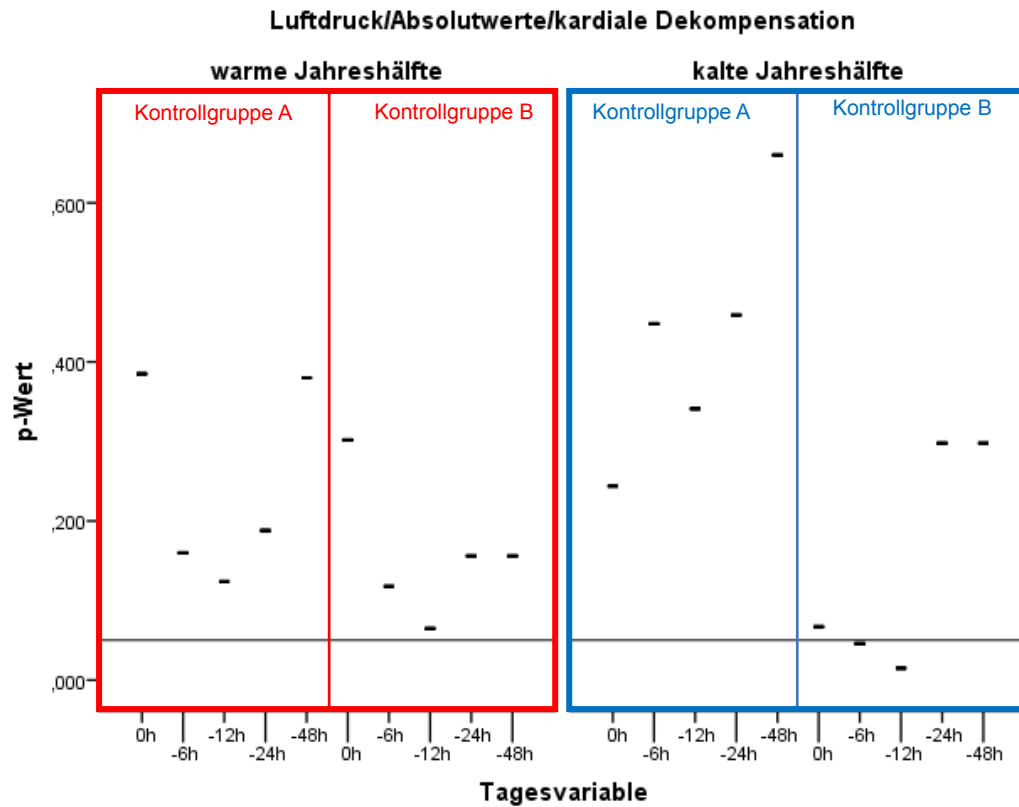


Abbildung 23a: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/Luftdruck Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

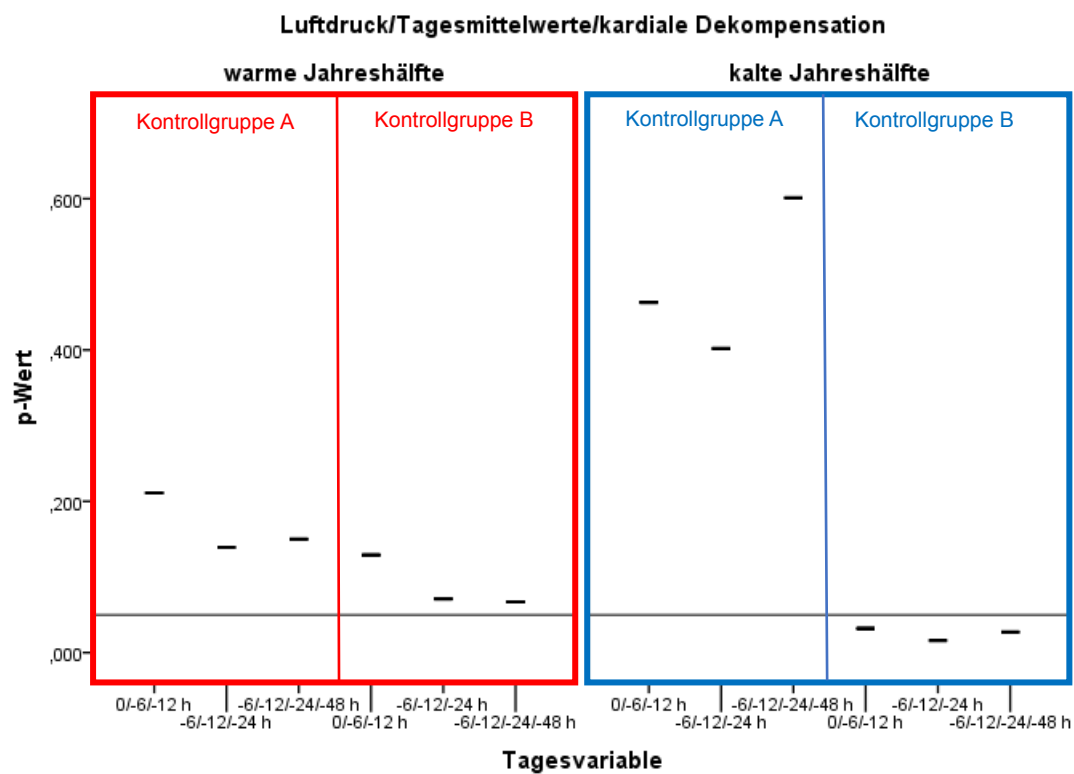


Abbildung 23b: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/Luftdruck Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

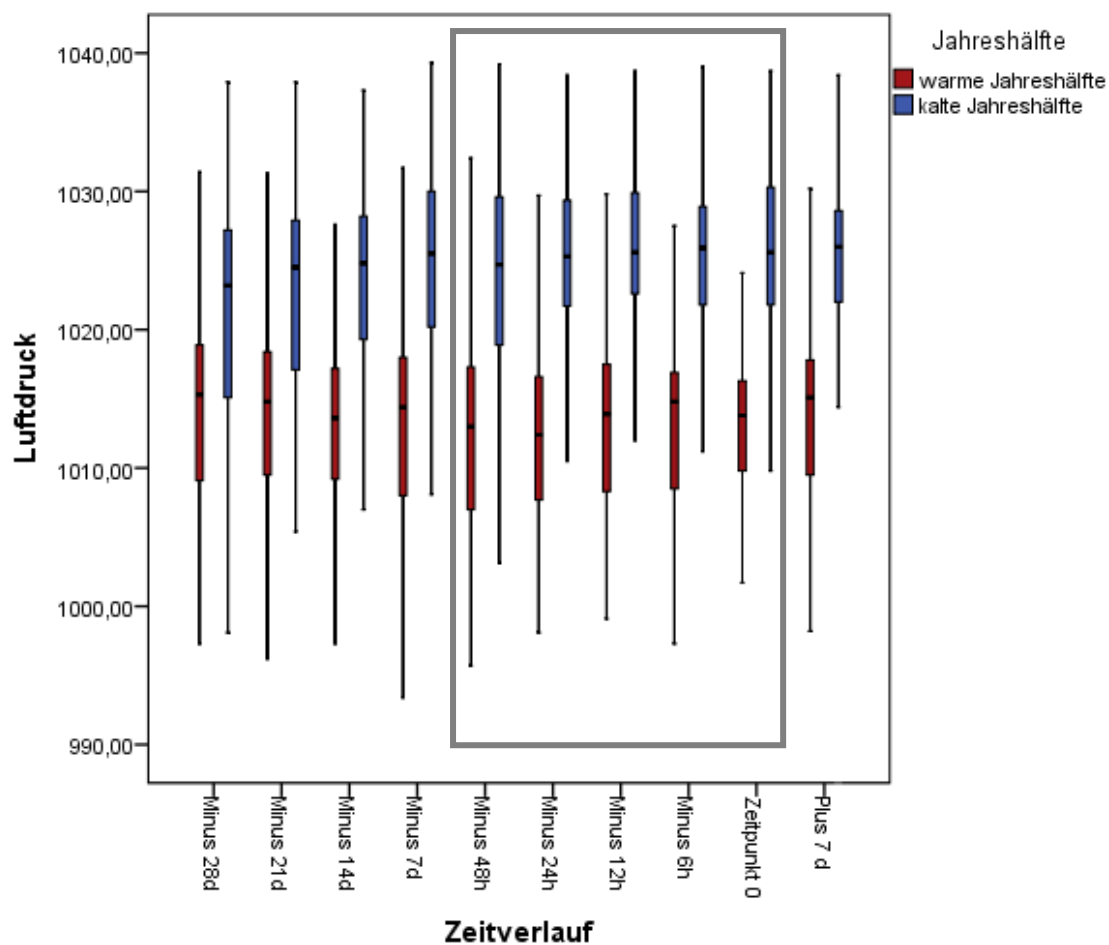


Abbildung 24: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf des Luftdrucks bezogen auf die untersuchten Fälle von kardialer Dekompensation; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (hPa)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	1015.3	1014.8	1013.6	1014.4	1013.0	1012.4	1013.9	1014.8	1013.8	1015.1
Kalte Jahreshälfte	1023.2	1024.5	1024.8	1025.5	1024.7	1025.3	1025.6	1025.9	1025.6	1025.8

Tabelle 18a: Luftdruck in Werten (in Hektopascal) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von kardialer Dekompensation

Tagesmittelwerte (hPa)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	1014.2	1013.7	1013.5
Kalte Jahreshälfte	1025.7	1025.6	1025.4

Tabelle 18b: Tagesmittelwerte des Luftdrucks in Werten (in Hektopascal))

Dampfdruck

Warme Jahreshälfte:

In Bezug auf Kontrollgruppe B zeigen sich signifikante Abweichungen von den Dampfdruckwerten der Referenzzeitpunkte bei 0h, -6h, -12h sowie bei den Mittelwertskombinationen 0/-6/-12 h und -6/-12/-24 h (p jeweils <0.05).

Bezüglich Kontrollgruppe A finden weder bei den Absolutwerten noch bei den Mittelwertskombinationen signifikante Unterschiede zu den Werten der Referenzzeitpunkte (jedes p=n.s.).

Der Dampfdruck zu Zeitpunkt 0 sowie 6 Stunden zuvor liegt höher als 28, 21 und 7 Tage vor Symptomeintritt. So ist der Dampfdruck zum Ereigniszeitpunkt um 0.3 hPa bis 2.0 hPa sowie 6 Stunden zuvor um 0.4 hPa bis 2.1 hPa höher als zu den Referenzzeitpunkten -28d, -21d und -7d. Bei -12h liegt der Dampfdruck mit 13.3 hPa höher als zu allen Referenzzeitpunkten der Kontrollgruppe B - der größte Druckunterschied liegt bei 2.3 hPa im Vergleich mit -28d.

Auch die Dampfdruckwerte der signifikanten Mittelwertskombinationen sind höher als 28 bis 7 Tage vor Ereignis, ausgenommen eines einzelnen Wertes bei -14d.

Dies deutet auf eine Assoziation erhöhter Dampfdruckwerte im Vorfeld des Ereignisses sowie zu Symptomeintritt mit einer erhöhten Zahl von Klinikeinweisungen aufgrund von kardialer Dekompensation in der warmen Jahreshälfte hin.

.

Kalte Jahreshälfte:

Die Dampfdruckwerte bei -24h und -48h sowie der Mittelwertskombination -6/-12/-24 h unterscheiden sich signifikant von den Referenzzeitpunkten der Kontrollgruppe B (p jeweils <0.05). Bezüglich Kontrollgruppe A weichen die Dampfdruckwerte weder der Absolutwerte noch der Mittelwertskombinationen signifikant von ihren Referenzzeitpunkten ab (jedes p=n.s.).

24 Stunden vor Ereignis liegt der Dampfdruck mit 6.6 hPa um 0.2 hPa höher als bei -14d bzw. um 0.1 hPa höher als bei -7d, jedoch um 0.1 hPa niedriger als bei -28d und identisch wie bei -21d. Der Dampfdruck 48 Stunden vor Ereignis liegt um 0.1 hPa bis 0.4 hPa höher als 28 bis 7 Tage vor Symptomeintritt.

Im Vergleich der Mittelwertskombination -6/-12/-24 h mit den Referenzzeitpunkten der Kontrollgruppe B zeigen sich nur geringe Unterschiede. Der Dampfdruck der signifikanten Mittelung liegt um 0.2 hPa bzw. 0.1 hPa niedriger als bei -28d und -21d,

aber um 0.1 hPa höher als bei -14d. Bei -7d wiederum findet sich ein mit dem Druck der signifikanten Mittelwertskombination identischer Dampfdruckwert.

Aufgrund des großen zeitlichen Abstandes der signifikanten Zeitpunkte vom Symptomeintritt sowie nur marginaler Unterschiede mit den Referenzzeitpunkten und einer mangelnden Übereinstimmung der Absolutwerte mit den Mittelwertskombinationen kann kein klinisch relevanter Zusammenhang zwischen dem Dampfdruck und dem Auftreten von kardialer Dekompensation gesehen werden.

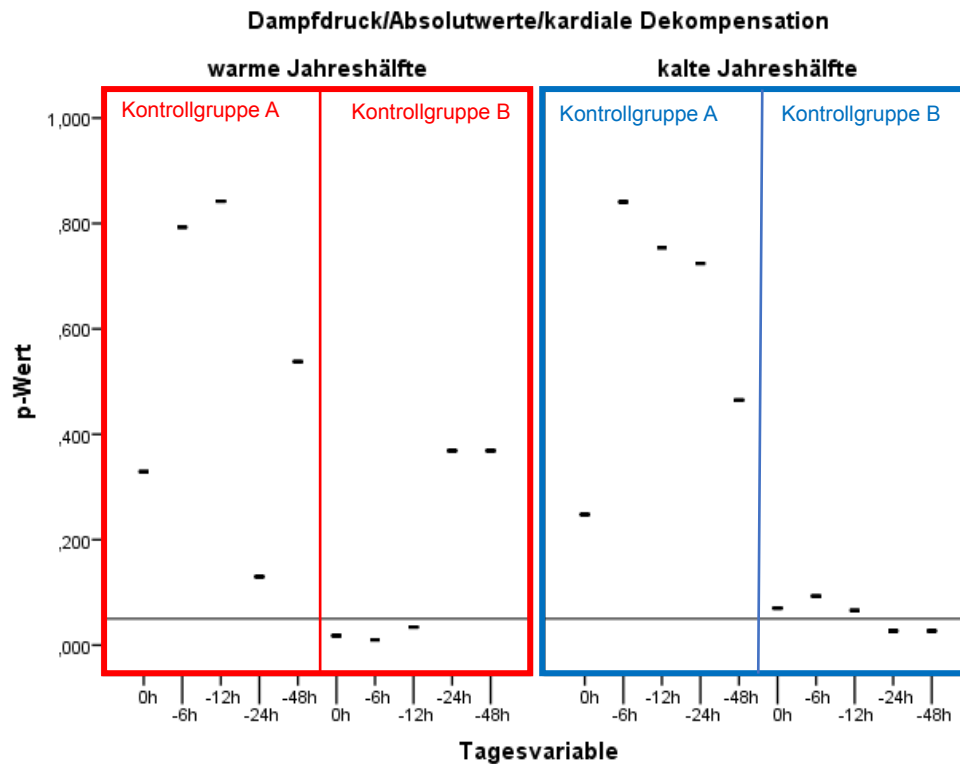


Abbildung 25a: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/Dampfdruck Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

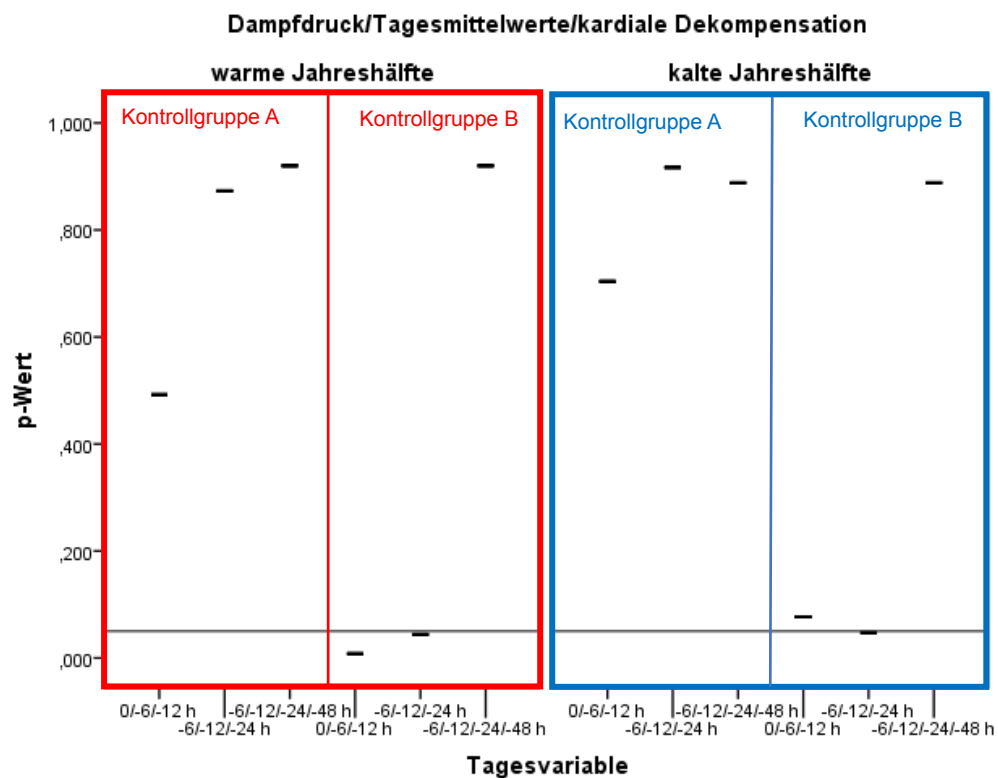


Abbildung 25b: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/Dampfdruck Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

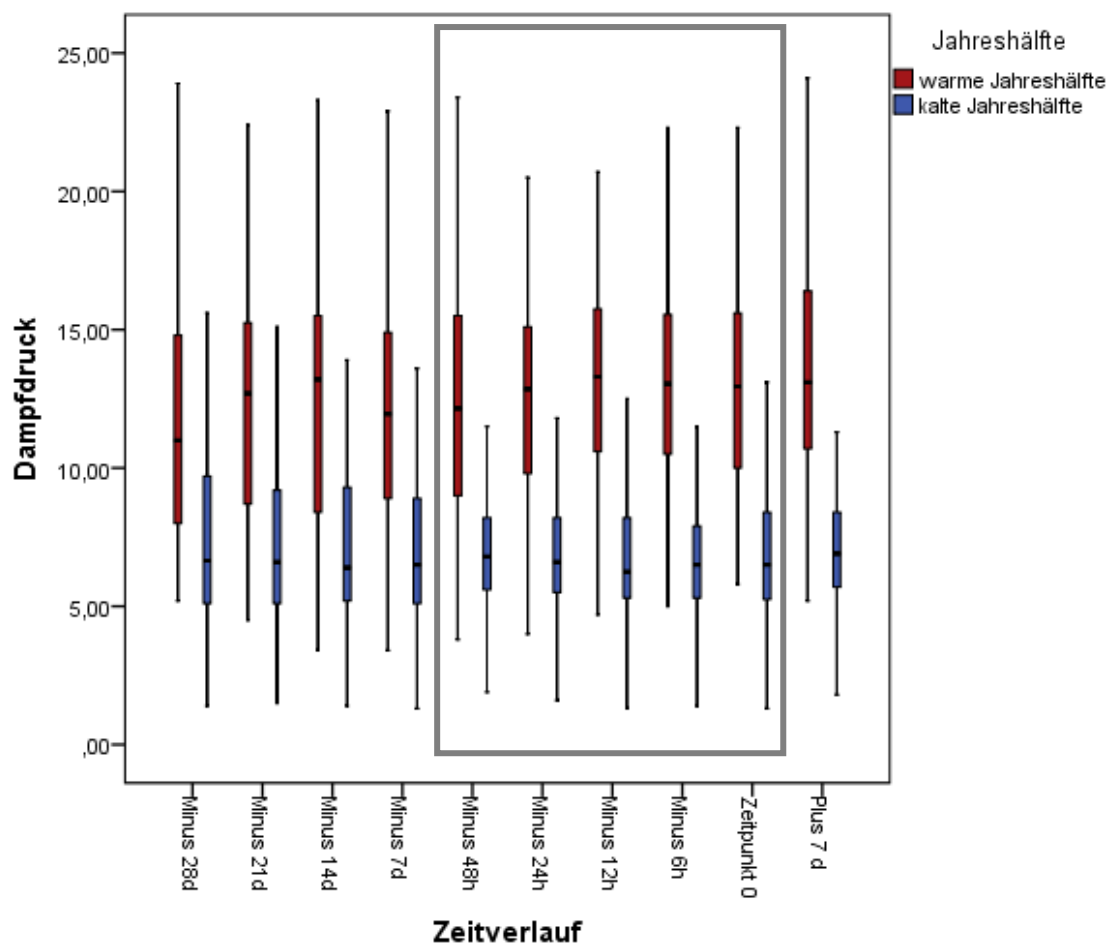


Abbildung 26: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf des Dampfdrucks bezogen auf die untersuchten Fälle von kardialer Dekompensation; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (hPa)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	11.0	12.7	13.2	12.0	12.2	12.9	13.3	13.1	13.0	13.1
Kalte Jahreshälfte	6.7	6.6	6.4	6.5	6.8	6.6	6.3	6.5	6.5	6.9

Tabelle 19a: Dampfdruck in Werten (in Hektopascal) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von kardialer Dekompensation

Tagesmittelwerte (hPa)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	13.1	13.1	12.8
Kalte Jahreshälfte	6.4	6.5	6.5

Tabelle 19b: Tagesmittelwerte des Dampfdrucks in Werten (in Hektopascal)

Windgeschwindigkeit***Warme Jahreshälfte:***

In der warmen Jahreshälfte unterscheidet sich weder in Bezug auf Kontrollgruppe A noch in Bezug auf Kontrollgruppe B ein Zeitpunkt signifikant von den Werten seiner Referenzzeitpunkte, dasselbe gilt für die Mittelwertskombinationen (jedes $p=n.s.$).

Kalte Jahreshälfte:

In der kalten Jahreshälfte zeigt sich bei den Absolutwerten ein signifikanter Unterschied zu den Referenzzeitpunkten beider Kontrollgruppen für den Zeitpunkt -12h (p jeweils <0.05). Außerdem weichen die Windgeschwindigkeitswerte aller drei Mittelwertskombinationen signifikant von den Werten der Referenzzeitpunkte der Kontrollgruppe B ab (jedes $p<0.05$). In Bezug auf Kontrollgruppe A weist keine Mittelwertskombination eine signifikante Abweichung von den Referenzzeitpunkten auf (jedes $p=n.s.$).

Im Wetterverlauf zeigt sich ein niedriger Windgeschwindigkeitswert bei -12h (2.00 m/s) - alle Referenzzeitpunkte 28 bis 7 Tage vor sowie 7 Stunden nach Ereignis liegen um 0.4 m/s bis 0.8 m/s über diesem Wert. Die Windgeschwindigkeiten der drei Mittelwertskombinationen sind um 0.2 m/s bis 0.6 m/s kleiner als die Windgeschwindigkeiten der Referenzzeitpunkte 28 bis 7 Tage vor Symptomeintritt.

Da aber mit -12h nur ein einzelner Zeitpunkt signifikant in Erscheinung tritt ist allenfalls ein sehr schwacher Zusammenhang zwischen der niedrigen Windgeschwindigkeit 12 Stunden vor Symptomeintritt und einem vermehrten Auftreten von kardialer Dekompensation in der kalten Jahreshälfte möglich.

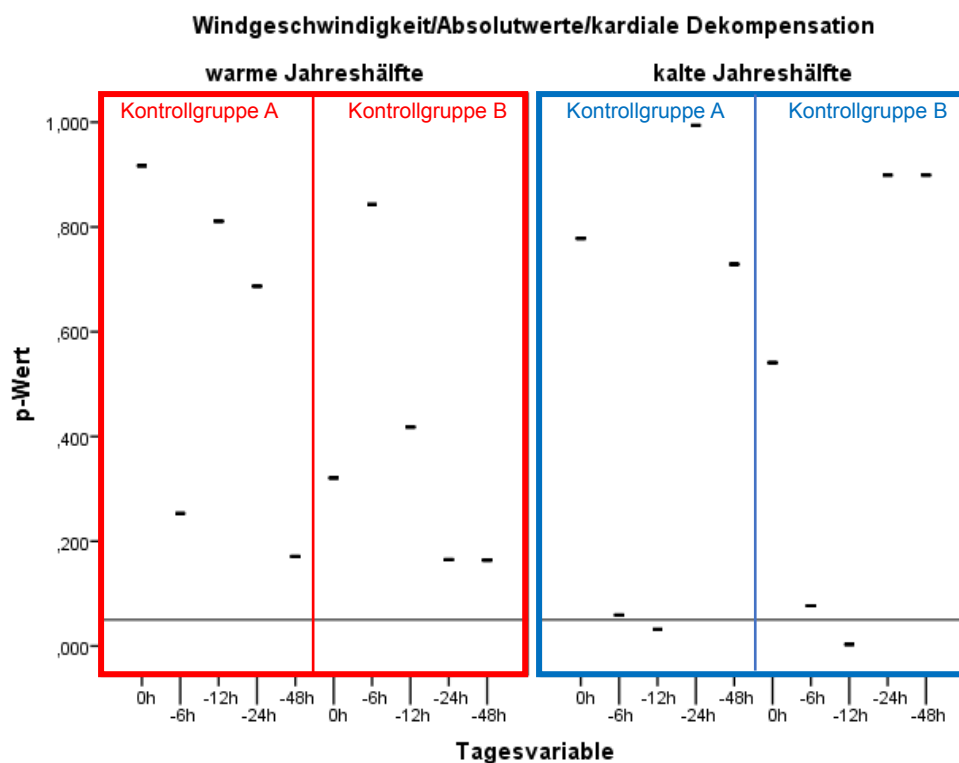


Abbildung 27a: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/Windgeschwindigkeit Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

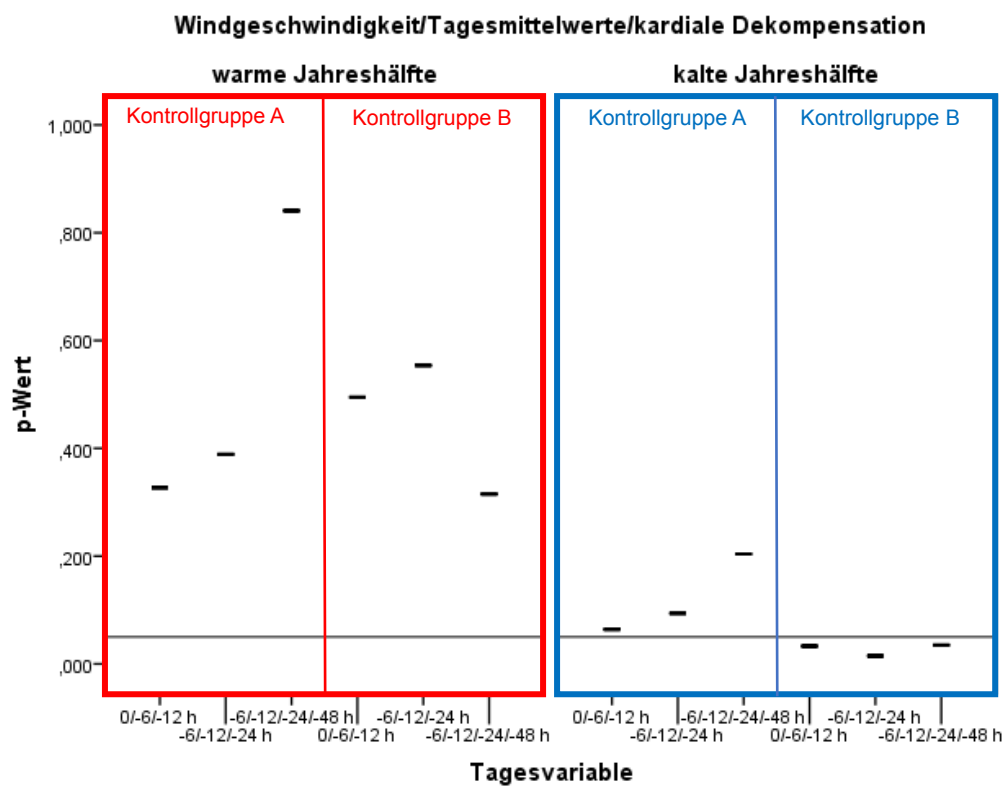


Abbildung 27b: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/Windgeschwindigkeit Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

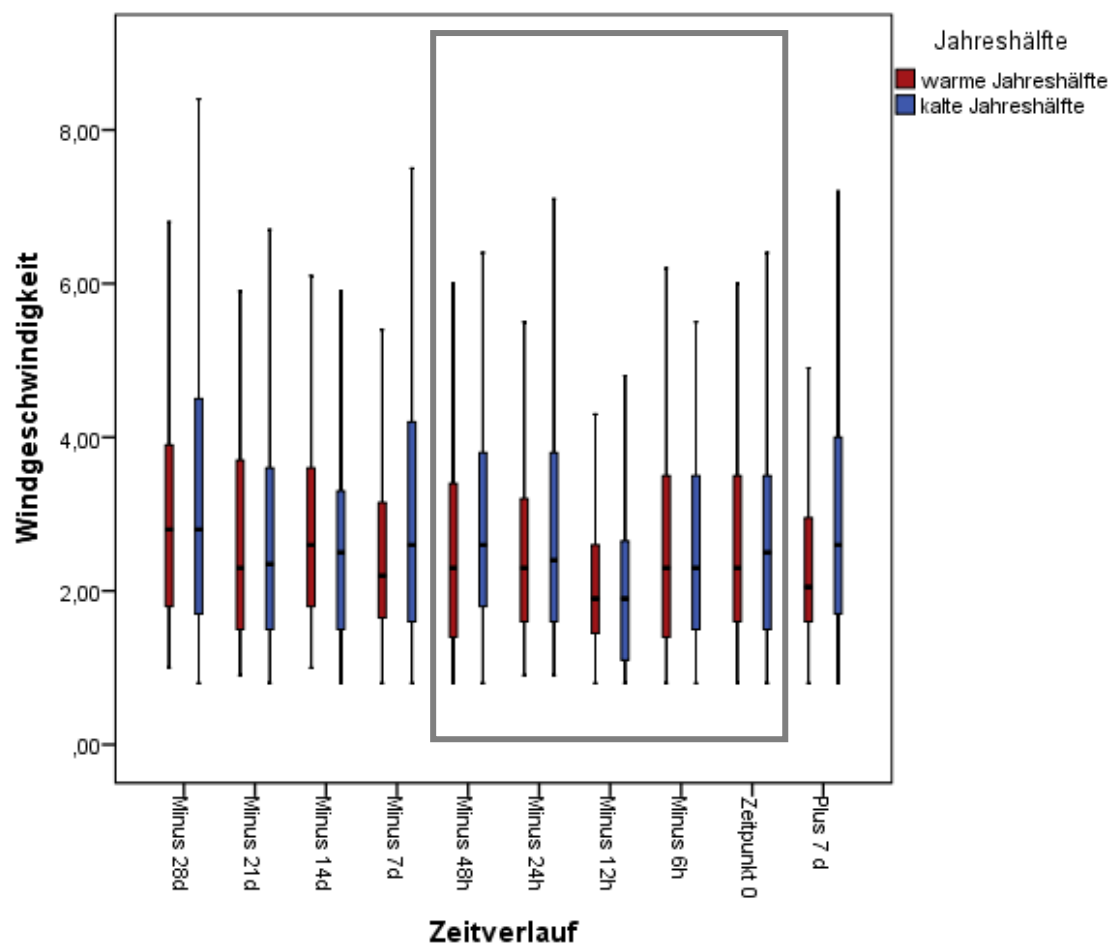


Abbildung 28: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf der Windgeschwindigkeit bezogen auf die untersuchten Fälle von kardialer Dekompensation; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (m/s)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	2.8	2.3	2.6	2.2	2.3	2.3	1.9	2.3	2.3	2.1
Kalte Jahreshälfte	2.8	2.4	2.5	2.6	2.6	2.4	2.0	2.3	2.5	2.6

Tabelle 20a: Windgeschwindigkeit in Werten (in Meter pro Sekunde) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von kardialer Dekompensation

Tagesmittelwerte (m/s)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	2.2	2.2	2.2
Kalte Jahreshälfte	2.3	2.2	2.3

Tabelle 20b: Tagesmittelwerte der Windgeschwindigkeit in Werten (in Meter pro Sekunde)

Lufttemperatur

Warme Jahreshälfte:

In Bezug auf Kontrollgruppe A zeigt sich nur bei Zeitpunkt 0 eine signifikante Abweichung der Lufttemperatur zu den Referenzzeitpunkten ($p < 0.05$). Alle weiteren Absolutwerte sowie die drei Mittelwertskombinationen weisen keinen signifikanten Unterschied zu den Referenzzeitpunkten von Kontrollgruppe A auf (jedes $p = n.s.$).

Bezüglich Kontrollgruppe B weicht die Temperatur zu Zeitpunkt 0, -6h und -12h sowie im Vergleich zu allen drei Mittelwertskombinationen signifikant von den Referenzzeitpunkten ab (p jeweils < 0.05).

Die Temperatur liegt zu Zeitpunkt 0 (17.0°C) im Vergleich zu 7 Tage nach Ereignis (18.3°C) um 1.3°C niedriger. Im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten 28 bis 7 Tage vor Ereignis liegt die Temperatur an Zeitpunkt 0 aber um 1.1°C bis 2.1°C höher: 28 Tage vor Ereignis beträgt die Temperatur 15.9°C , 7 Tage vor Ereignis 15.8°C .

6 und 12 Stunden vor Ereignis liegt die Temperatur jeweils niedriger als an den Referenzzeitpunkten 28 bis 7 Tage vor Ereignis: der Unterschied beträgt für -6h 0.9°C bis 1.9°C und für -12h 1.4°C bis 2.4°C .

Auch die Tagesmittelwerte zeigen im Vergleich mit den Werten ihrer Referenzzeitpunkte zum größten Teil erniedrigte Temperaturwerte. So liegen die Temperaturen der drei Mittelungen jeweils niedriger als 28, 14 und 7 Tage vor Ereignis. Die Differenz beträgt minimal 0.2°C (-6/-12/-24/-48h mit Vergleich mit -14d) und maximal 0.9°C (-6/-12/-24h im Vergleich mit -28d).

Zusammenfassend waren die Temperaturen 6 und 12 Stunden vor Symptomeintritt signifikant niedriger als zu den Referenzzeitpunkten. Zu Symptomeintritt liegt die Temperatur höher als 28 bis 7 Tage zuvor. Dies deutet also auf einen Zusammenhang zwischen einer erhöhten stationären Aufnahme aufgrund von kardialer Dekompensation in der warmen Jahreshälfte mit niedrigen Lufttemperaturen im Vorfeld des Ereignisses und einer erhöhten Lufttemperatur zum Zeitpunkt des Symptomeintritts hin.

Kalte Jahreshälfte:

Für die kalte Jahreshälfte ergeben sich weder bei den Absolutwerten noch bei den Mittelwertskombinationen signifikante Abweichungen der Temperaturwerte zu den Werten der Referenzzeitpunkte beider Kontrollgruppen (jedes $p = n.s.$).

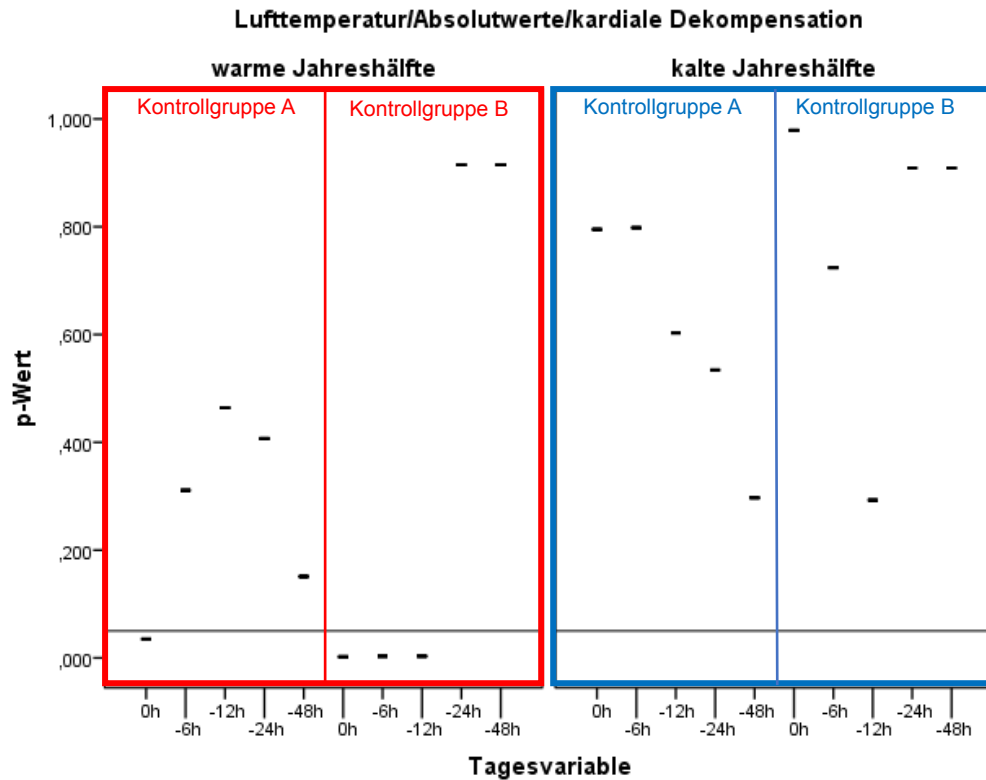


Abbildung 29a: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/Lufttemperatur Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

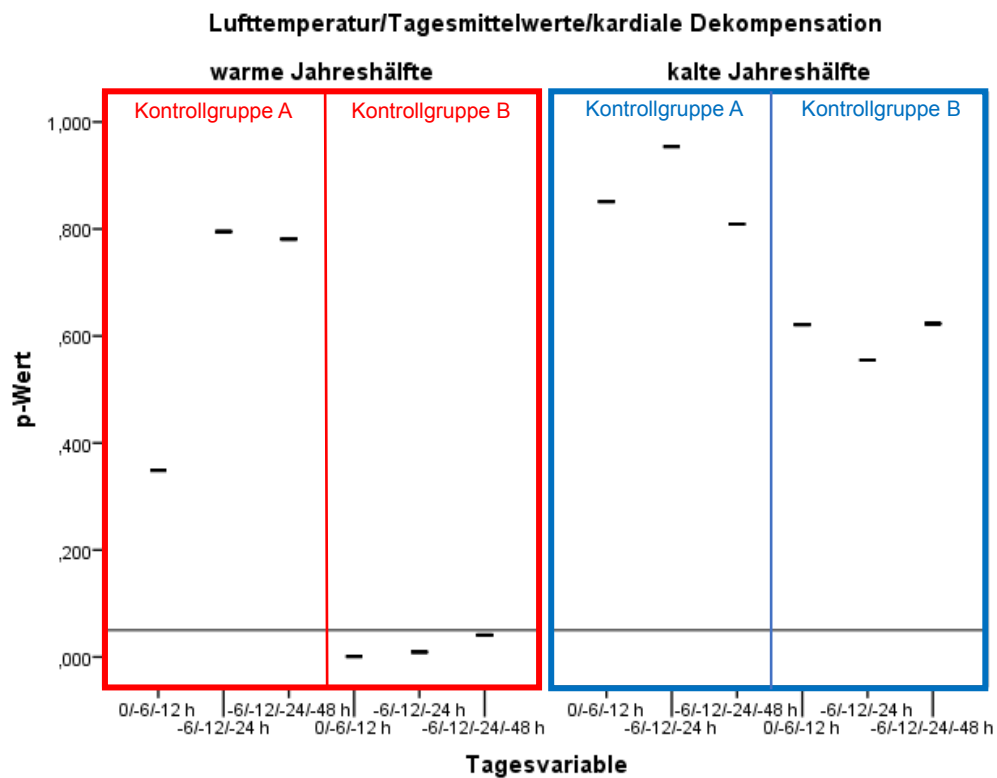


Abbildung 29b: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/Lufttemperatur Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

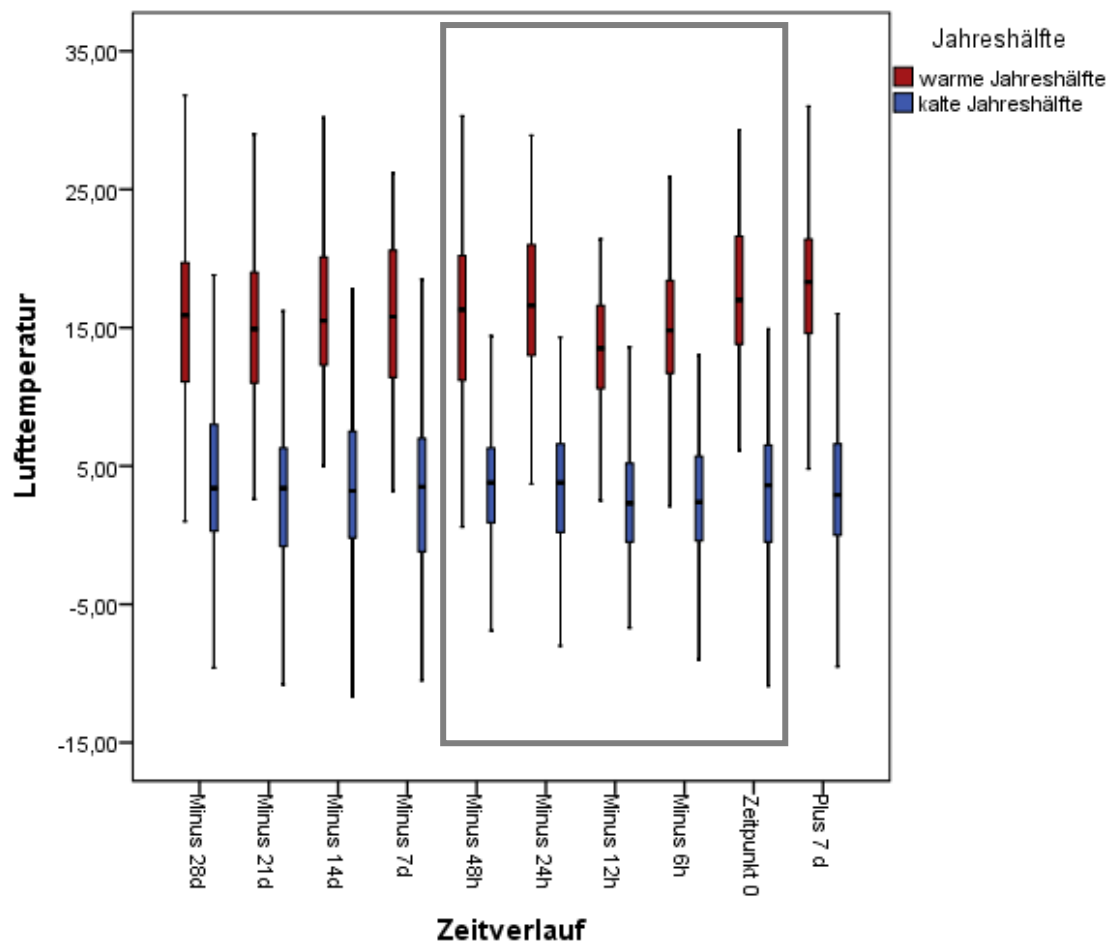


Abbildung 30: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf der Lufttemperatur bezogen auf die untersuchten Fälle von kardialer Dekompensation; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (°C)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	15.9	14.9	15.5	15.8	16.3	16.6	13.5	14.0	17.0	18.3
Kalte Jahreshälfte	3.4	3.4	3.2	3.5	4.1	3.8	2.3	2.4	3.6	2.9

Tabelle 21a: Lufttemperatur in Werten (in Grad Celsius) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von kardialer Dekompensation

Tagesmittelwerte (°C)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	15.1	15.0	15.3
Kalte Jahreshälfte	2.8	2.8	3.2

Tabelle 21b: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur in Werten (in Grad Celsius)

Mittlere Strahlungstemperatur

Warme Jahreshälfte:

Die mittleren Strahlungstemperaturen zu Zeitpunkt 0 sowie zu -6h weichen signifikant von den Werten der Referenzzeitpunkte der Kontrollgruppe B ab ($p < 0.05$).

Ebenso unterscheidet sich bei den Mittelwertskombinationen die Mittelung 0/-6/-12 h signifikant von den Referenzzeitpunkten dieser Kontrollgruppe ($p < 0.05$).

Bezüglich Kontrollgruppe A ergeben sich weder bei den Absolutwerten noch bei den Mittelwertskombinationen signifikante Werte unterhalb des Signifikanzniveaus (jedes $p = \text{n.s.}$).

Die mittlere Strahlungstemperatur zum Zeitpunkt des Ereignisses liegt mit 40.7°C deutlich höher als 28 bis 14 Tage vor Ereignis, der Temperaturunterschied zu 14 Tage vor Symptomeintritt liegt bei 8.9°C . Dagegen liegt die mittlere Strahlungstemperatur bei -6h mit 29.7°C unterhalb der Werte 28 bis 7 Tage vor Ereignis, zu -14d beträgt der Temperaturunterschied 2.1°C , zu -7d beträgt die Differenz insgesamt 11.4°C .

Auffällig ist, dass 12 Stunden vor Ereignis eine im Vergleich zu davor und danach deutlich niedrigere mittlere Strahlungstemperatur herrschte, auch wenn für diesen Zeitpunkt kein signifikantes p festgestellt wurde.

Zusammenfassend lässt sich ein Zusammenhang herstellen zwischen einem erhöhten Auftreten von kardialer Dekompensation in der warmen Jahreshälfte und im Vergleich mit den Referenzzeitpunkten kurz vor Ereignis niedrigen und zu Symptomeintritt hohen mittleren Strahlungstemperaturen.

Kalte Jahreshälfte:

Für die kalte Jahreshälfte zeigen sich weder für die Absolutwerte noch für die Mittelwertskombinationen signifikante Abweichungen zu den Werten der Referenzzeitpunkte beider Kontrollgruppen (jedes $p = \text{n.s.}$).

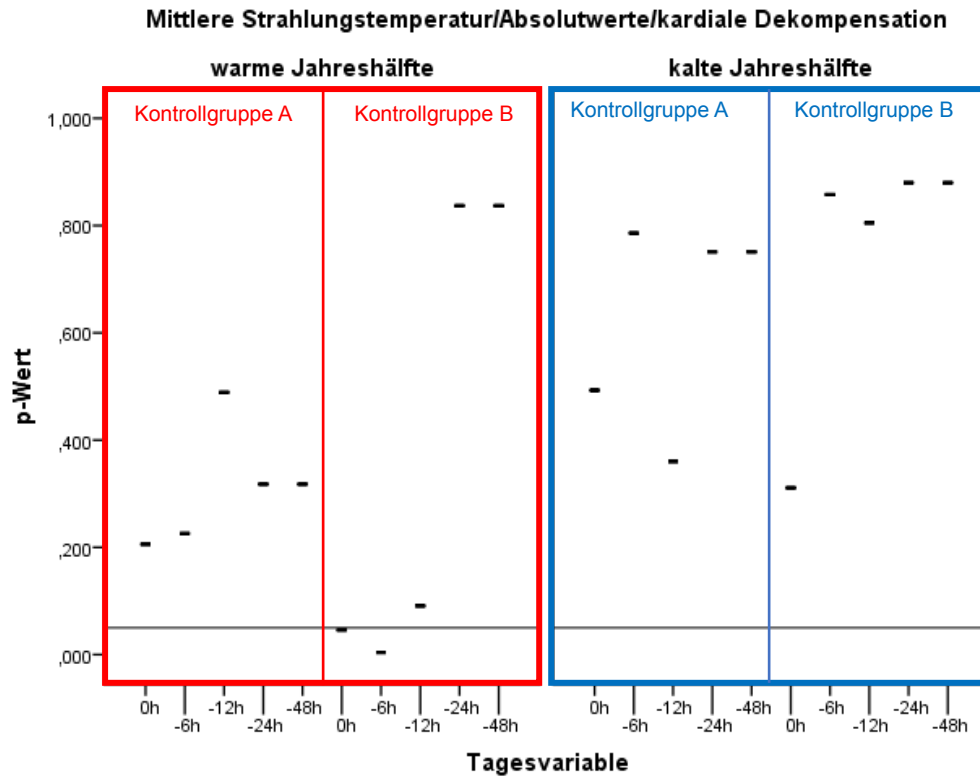


Abbildung 31a: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/mittlere Strahlungstemperatur Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

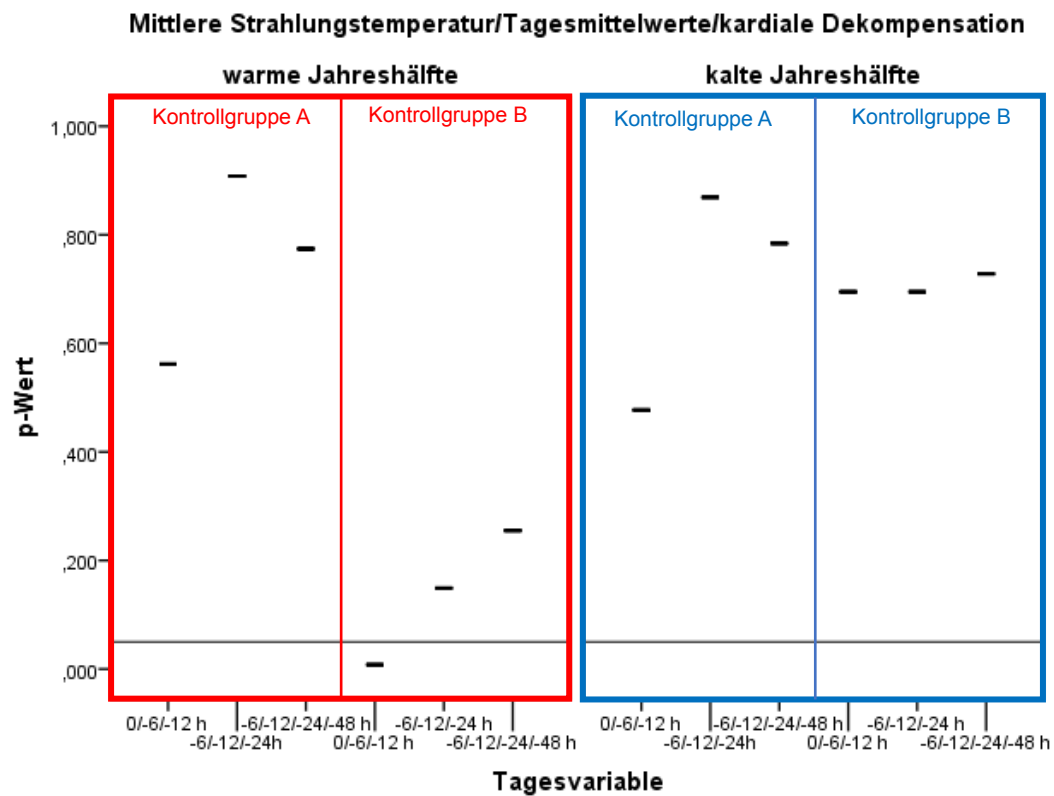


Abbildung 31b: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/mittlere Strahlungstemperatur Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

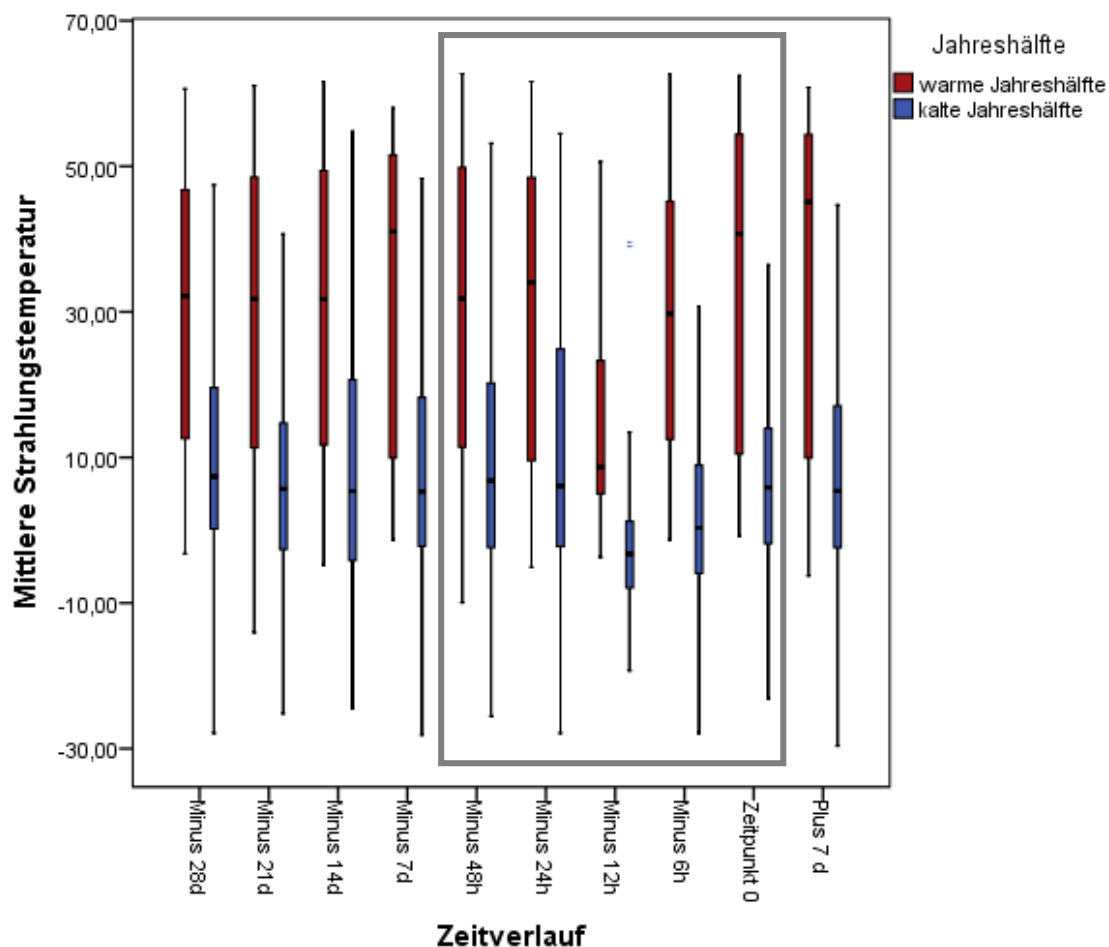


Abbildung 32: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf der mittleren Strahlungstemperatur bezogen auf die untersuchten Fälle von kardialer Dekompensation; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (°C)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	32.2	31.8	31.8	41.1	31.8	34.1	8.7	29.7	40.7	45.1
Kalte Jahreshälfte	7.4	5.7	5.4	5.3	6.8	6.1	-2.4	0.3	5.9	5.4

Tabelle 22a: Mittlere Strahlungstemperatur in Werten (in Grad Celsius) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von kardialer Dekompensation

Tagesmittelwerte (°C)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	26.4	24.2	26.1
Kalte Jahreshälfte	1.3	1.3	2.7

Tabelle 22b: Tagesmittelwerte der mittleren Strahlungstemperatur in Werten (in Grad Celsius)

Gefühlte Temperatur

Warme Jahreshälfte:

Die gefühlten Temperaturen zu 0h, -6h und -12h unterscheiden sich jeweils signifikant von den Temperaturen der Referenzzeitpunkte der Kontrollgruppe B ($p < 0.05$). Auch bei den Mittelwertskombinationen zeigen sich signifikante Abweichungen von den Temperaturwerten der Referenzzeitpunkte der Kontrollgruppe B bei 0/-6/-12 h und -6/-12/-24 h ($p < 0.05$). Bezüglich Kontrollgruppe A zeigen sich weder bei den Absolutwerten noch bei den Mittelwertskombinationen signifikante Abweichungen von den Referenzzeitpunkten (jedes $p = \text{n.s.}$).

Die Temperatur zu Zeitpunkt 0 ist mit 15.6°C um 1.4°C bis 2.4°C höher als 28 bis 7 Tage zuvor. Die Temperatur des ebenfalls signifikanten Zeitpunktes -6h ist mit 13.6°C deutlich niedriger als 7 Tage vor Ereignis (14.2°C) und minimal erniedrigt im Vergleich mit 28 Tagen vor Ereignis (13.7°C). Im Vergleich mit -21d und -14d ist die gefühlte Temperatur 6 Stunden vor Ereignis um 0.2°C bzw. 0.4°C erhöht.

Auffällig ist, dass sich mit 9.4°C 12 Stunden vor Ereignis eine deutlich niedrigere Temperatur als zu den Referenzzeitpunkten 28 bis 7 Tagen vor Ereignis zeigt - die niedrigste Temperatur der Referenzzeitpunkte liegt mit 13.2°C bei -14d.

Die Temperaturen der signifikanten Mittelwertskombinationen 0/-6/-12 h und -6/-12/-24 h liegen jeweils niedriger als die gefühlten Temperaturen der Referenzzeitpunkte 28 bis 7 Tage vor Ereignis. Der Unterschied zu -7d beträgt hier bei der ersten Mittelung 1.3°C sowie bei der zweiten Mittelung 1.7°C .

Damit lässt sich eine Assoziation herstellen mit dem Auftreten von kardialer Dekompensation in der warmen Jahreshälfte und im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten signifikant niedrigen gefühlten Temperaturen im Vorfeld des Ereignisses und nachfolgend erhöhten gefühlten Temperaturen zum Symptomeintritt hin.

Kalte Jahreshälfte:

Für die kalte Jahreshälfte ergeben sich keine signifikanten Temperaturabweichungen zu den Werten der Referenzzeitpunkte beider Kontrollgruppen, weder bezüglich der Absolutwerte noch der Mittelwertskombinationen (jedes $p = \text{n.s.}$).

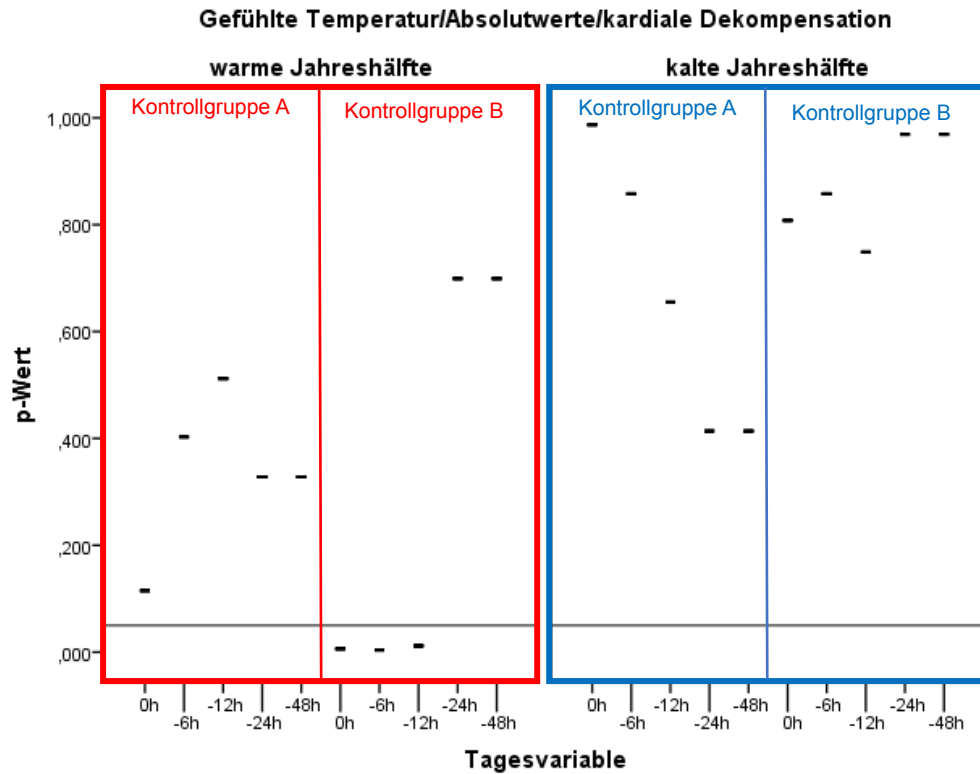


Abbildung 33a: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/gefühlte Temperatur Absolutwerte; Signifikanzniveau: p-Wert=0.05

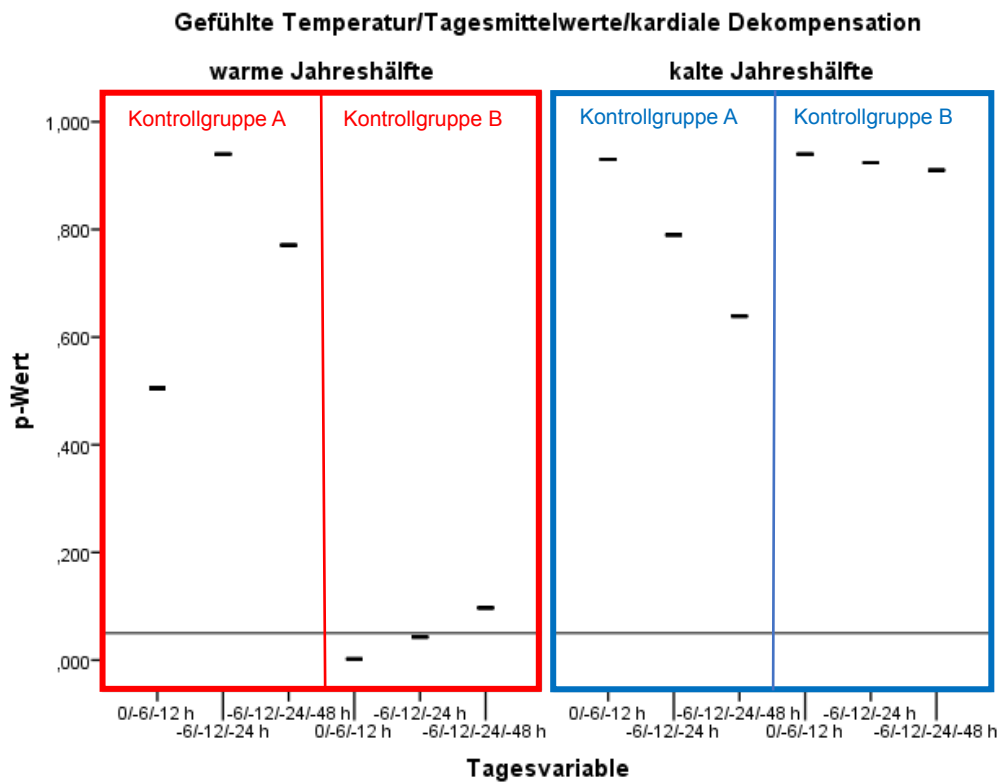


Abbildung 33b: Diagramm Ergebnisse kardiale Dekompensation/gefühlte Temperatur Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: p-Wert=0.05

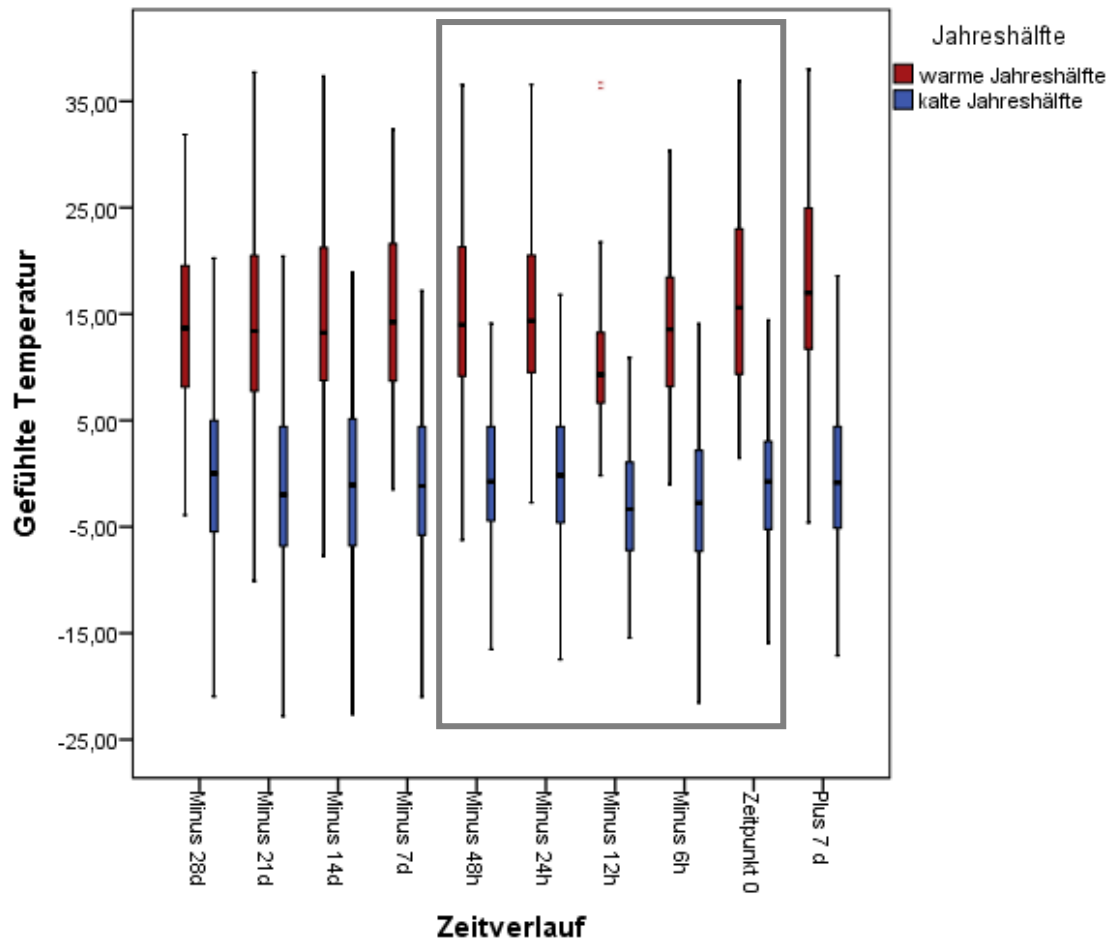


Abbildung 34: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf der gefühlten Temperatur bezogen auf die untersuchten Fälle von kardialer Dekompensation; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (°C)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	13.7	13.4	13.2	14.2	14.0	14.4	9.4	13.6	15.6	17.0
Kalte Jahreshälfte	0.0	-2.0	-1.1	-1.2	0.5	0.2	-3.35	-2.8	0.8	0.8

Tabelle 23a: Gefühlte Temperatur in Werten (in Grad Celsius) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von kardialer Dekompensation

Tagesmittelwerte (°C)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	12.9	12.5	12.9
Kalte Jahreshälfte	-2.0	-2.0	-1.4

Tabelle 23b: Tagesmittelwerte der gefühlten Temperatur in Werten (in Grad Celsius)

3.2.4 Zusammenfassung der konditionalen logistischen Regressionsanalyse

Alle Wettervariablen außer dem *Bewölkungsgrad* zeigen in mindestens einer Jahreshälfte eine Korrelation mit Wetterlageveränderungen und dem Auftreten von kardialer Dekompensation. Die Ergebnisse der einzelnen Wettervariablen unterscheiden sich aber stark bezüglich der Auswirkung in den beiden Jahreshälften sowie bezüglich des Zeitpunktes der Wetterveränderung. Insgesamt treten Korrelationen in der warmen Jahreshälfte deutlich häufiger auf als in der kalten. Eine Übersicht gibt Tabelle 24.

Übersichtstabelle	Warme Jahreshälfte	Kalte Jahreshälfte
Luftdruck	-	↑ t ₋₁₂ und t ₋₆
Dampfdruck	↑ t ₋₁₂ bis t ₀	-
Windgeschwindigkeit	-	↓ t ₋₁₂
Lufttemperatur	↓ t ₋₁₂ und t ₋₆ , gefolgt von ↑ t ₀	-
Mittlere Strahlungstemperatur	↓ t ₋₆ , gefolgt von ↑ t ₀	-
Gefühlte Temperatur	↓ t ₋₁₂ und t ₋₆ , gefolgt von ↑ t ₀	-

Tabelle 24: Übersicht signifikante Korrelationen von Wetterlageveränderungen mit dem Auftreten von kardialer Dekompensation;
Schematische Darstellung der Assoziation zu den angegebenen Zeitpunkten der Fallperiode (Bezug: Referenzzeitpunkte):

↑ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert, jeweils starke Assoziation
 ↑ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert; jeweils deutliche Assoziation
 ↑ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert; jeweils geringe Assoziation

3.3 Hypertensive Entgleisung

3.3.1 Baseline-Charakteristika

225 Patienten mit Entlassdiagnose hypertensive Entgleisung wurden im untersuchten Zeitraum in die Studie aufgenommen; der Altersdurchschnitt lag bei 66,6 Jahren.

Eine Übersicht zu Patienten mit hypertensiver Entgleisung gibt Tabelle 25.

Anzahl	
Anzahl Patienten mit Entlassdiagnose hypertensive Entgleisung	225
davon männlich	82
Alter	
Altersdurchschnitt der Patienten mit hypertensiver Entgleisung unabhängig vom Geschlecht	66,6 LJ
Altersdurchschnitt der männlichen Patienten mit hypertensiver Entgleisung	64,2 LJ
Altersdurchschnitt weiblichen Patienten mit hypertensiver Entgleisung	68,0 LJ
Exitus letalis	Anzahl:
Anzahl der Patienten mit stattgehabtem Exitus letalis	0
Reanimation	Anzahl:
Anzahl der Patienten mit stattgehabter Reanimation	0
davon akut	-
davon im hospitalen Verlauf	-

Tabelle 25: Baseline-Charakteristika zu den in dieser Studie untersuchten Patienten vorstellig mit hypertensiver Entgleisung

Die Verteilung der beobachteten Fälle an hypertensiver Entgleisung zeigt im Jahresverlauf eine Häufigkeitsspitze im Januar 2012 (n=30). Die zweithöchste Anzahl wurde im Monat davor, Dezember 2011 (n=26), vorstellig. Die drittgrößte Fallmenge wurde im Mai 2012 (n=23), die vierthöchste im Juli 2011, November 2011 und Februar 2012 (n=jeweils 19) festgehalten. Die geringsten Fallzahlen wurden jeweils im September 2011 (n=9) sowie im April 2012 (n=11) verzeichnet. Siehe hierzu Abbildung 35.

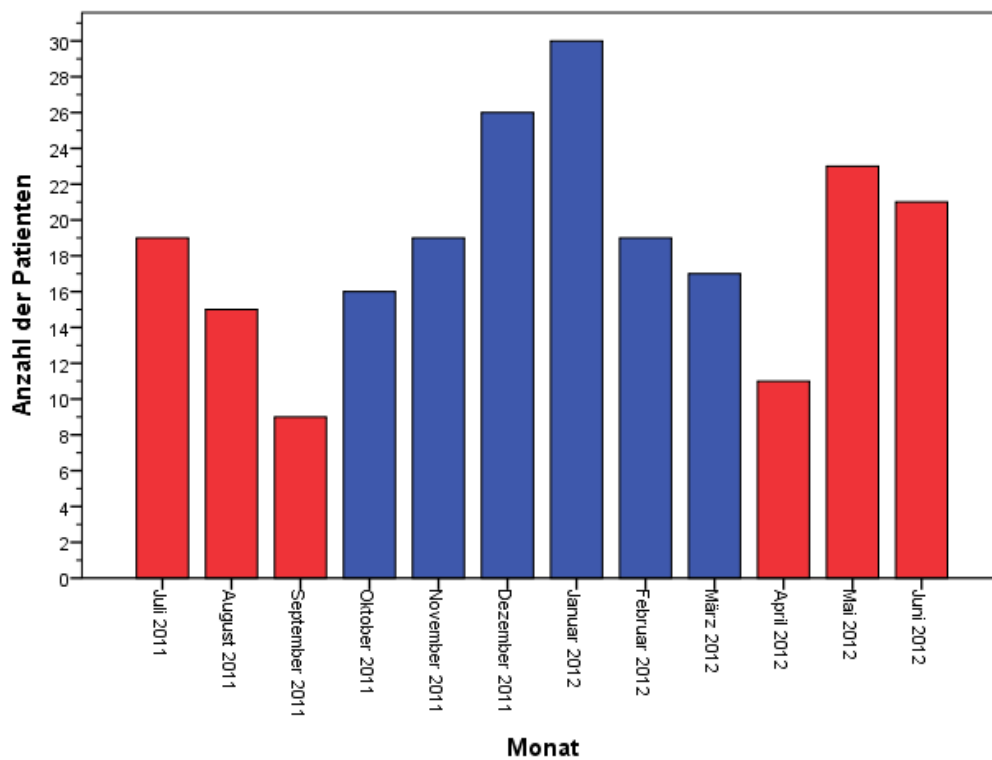


Abbildung 35: Balkendiagramm zur monatlichen Fallzahl der Patienten mit hypertensiver Entgleisung von Juli 2011 bis Juni 2012

Im jahreszeitlichen Verlauf stellten sich die meisten Patienten im Winter ($n=65$) vor, gefolgt von Frühling ($n=60$) und Herbst ($n=56$). Die wenigsten Patienten mit hypertensiver Entgleisung wurden im Sommer verzeichnet ($n=44$).

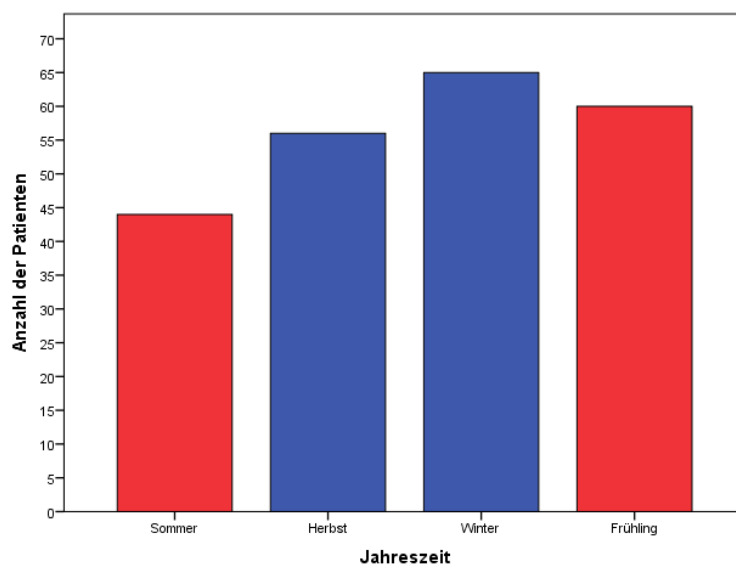


Abbildung 36: Balkendiagramm zur Jahreszeit-abhängigen Fallzahl der Patienten mit hypertensiver Entgleisung im untersuchten Zeitraum

In Geschlechter unterschieden liegt die höchste Fallzahl bei den weiblichen Patienten ebenso im Januar 2012 ($n=20$), die zweithöchste Zahl wurde im Dezember davor erreicht ($n=16$). Die geringste Anzahl stellte sich im September 2011 vor ($n=5$), siehe Grafik 37b.

Bei den Männern wurde die größte Anzahl im Juni 2012 vorstellig ($n=14$). Im Dezember 2011, Januar 2012 und Februar 2012 wurden die zweithöchsten Fallzahlen pro Monat erreicht (n =jeweils 10). Die geringste Anzahl an männlichen Patienten mit hypertensiver Entgleisung stellte sich im August 2011 vor, es handelt sich hierbei um nur zwei Patienten, wie aus Grafik 37a ersichtlich wird.

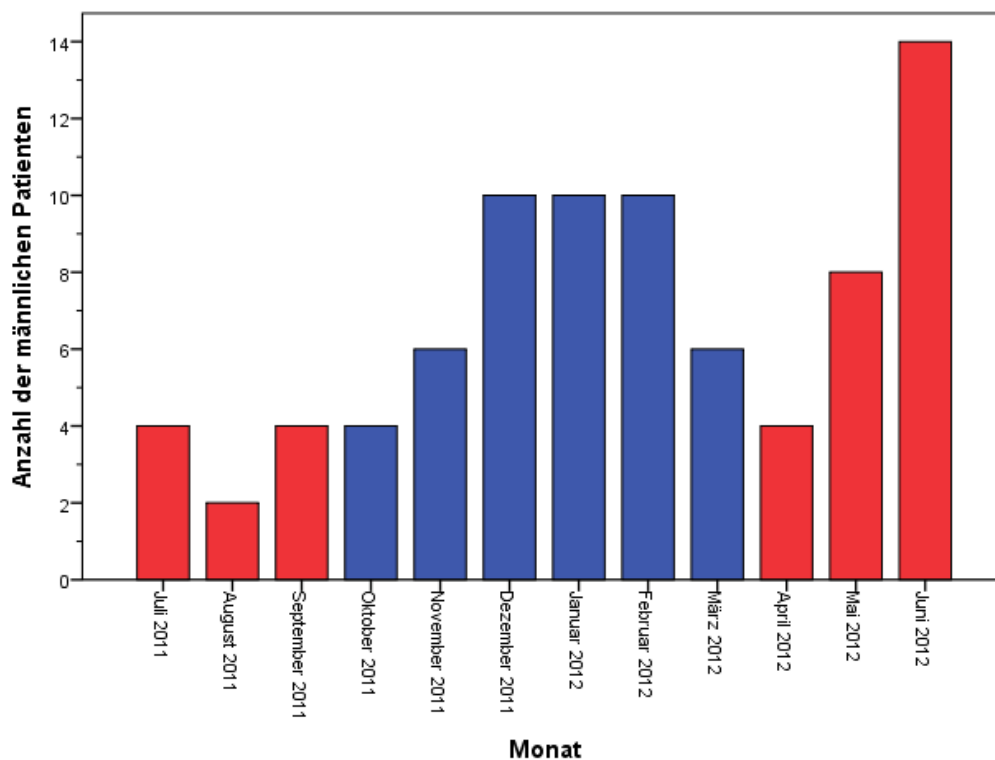


Abbildung 37a: Balkendiagramm zur monatlichen Fallzahl der männlichen Patienten mit hypertensiver Entgleisung von Juli 2011 bis Juni 2012

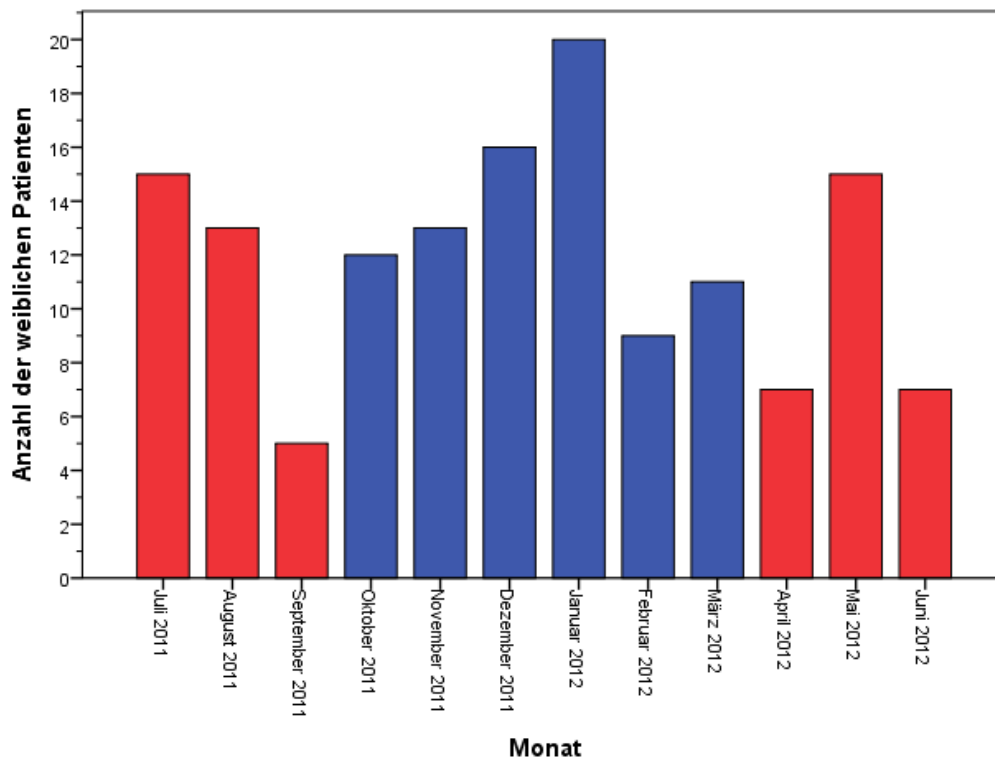


Abbildung 37b: Balkendiagramm zur monatlichen Fallzahl der weiblichen Patienten mit hypertensiver Entgleisung von Juli 2011 bis Juni 2012

Auch im Jahreszeitenverlauf zeigt eine Geschlechter-abhängige Betrachtung deutliche Unterschiede. Bei den männlichen Patienten zeigen sich innerhalb der Jahreszeiten deutliche Abstufungen. Die wenigsten männlichen Patienten stellten sich im Sommer vor ($n=9$), die meisten im Frühling ($n=28$) und Winter ($n=27$), gefolgt von Herbst ($n=18$). Beiden den weiblichen Patienten sind dagegen kaum Schwankungen innerhalb der vier Jahreszeiten zu erkennen (Frühling: $n=32$; Sommer: $n=35$; Herbst: $n=38$; Winter: $n=38$). Siehe hierzu Abbildungen 38a und 38b.

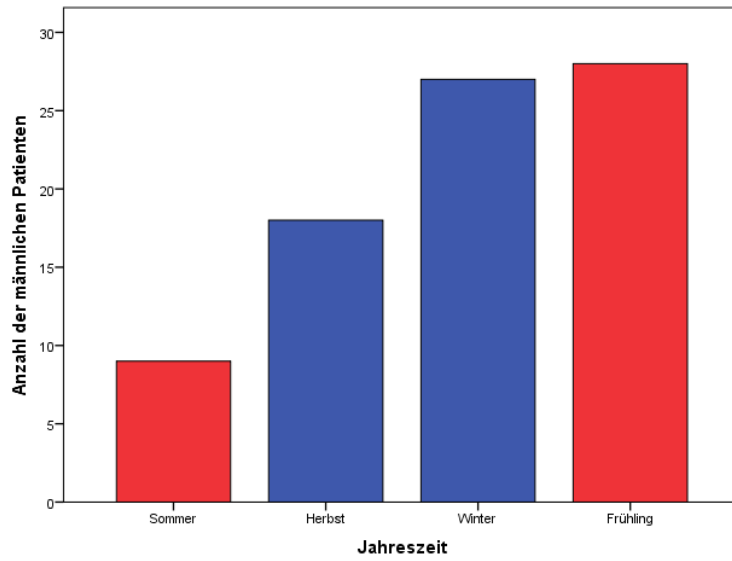


Abbildung 38a: Balkendiagramm zur Jahreszeit-abhängigen Fallzahl der männlichen Patienten mit hypertensiver Entgleisung im untersuchten Zeitraum

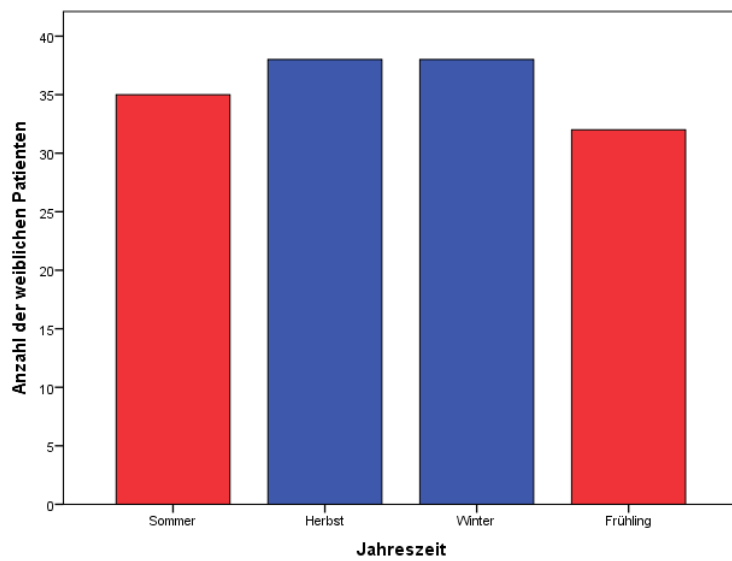


Abbildung 38b: Balkendiagramm zur Jahreszeit-abhängigen Fallzahl der weiblichen Patienten mit hypertensiver Entgleisung im untersuchten Zeitraum

3.3.2 Tabellarische Übersicht

Signifikante Ergebnisse ergaben sich für den *Dampfdruck*, die *Lufttemperatur* und die *gefühlte Temperatur*. Allerdings konnte bezüglich der Luft- und der gefühlten Temperatur in Zusammenschau der Absolut- und der Mittelwerte sowie des jeweiligen Wetterverlaufs anhand dieser Auswertung kein klinisch relevanter Zusammenhang belegt werden (siehe 3.3.3).

Ein Zusammenhang zwischen der Veränderung von *mittlerer Strahlungstemperatur*, *Luftdruck*, *Windgeschwindigkeit* oder *Bewölkungsgrad* und einer signifikant erhöhten Anzahl an Notaufnahmезugängen aufgrund von hypertensiver Entgleisung ließ sich nicht nachweisen, da für diese Wetterparameter keine signifikanten Ergebnisse erzielt wurden.

Absolutwerte warme Jahreshälfte	0h A	-6h A	-12h A	-24h A	-48h A	0h B	-6h B	-12h B	-24h B	-48h B
Luftdruck	0,893	0,481	0,338	0,384	0,588	0,940	0,807	0,765	0,368	0,368
Dampfdruck	0,943	0,467	0,762	0,685	0,586	0,318	0,101	0,023	0,001	0,001
Wolkenbedeckung	0,150	0,528	0,413	0,748	0,747	0,153	0,573	0,589	0,472	0,472
Windgeschwindigkeit	0,890	0,352	0,735	0,781	0,445	0,637	0,268	0,728	0,837	0,837
Lufttemperatur	0,793	0,243	0,482	0,151	0,803	0,235	0,600	0,207	0,048	0,048
Mittl. Strahlungstemp.	0,588	0,607	0,669	0,365	0,365	0,263	0,376	0,351	0,565	0,565
Gef. Temperatur	0,849	0,567	0,762	0,613	0,613	0,375	0,376	0,264	0,083	0,082

Tabelle 26a: Übersicht zur Analyse der Absolutwerte für hypertensive Entgleisung in der warmen Jahreshälfte; gelb: $p < 0.05$

Absolutwerte kalte Jahreshälfte	0h A	-6h A	-12h A	-24h A	-48h A	0h B	-6h B	-12h B	-24h B	-48h B
Luftdruck	0,414	0,428	0,676	0,740	0,880	0,534	0,555	0,919	0,874	0,874
Dampfdruck	0,206	0,566	0,526	0,228	0,192	0,007	0,021	0,073	0,380	0,380
Wolkenbedeckung	0,829	0,678	0,370	0,798	0,798	0,840	0,543	0,339	0,729	0,729
Windgeschwindigkeit	0,483	0,567	0,100	0,868	0,200	0,605	0,807	0,836	0,107	0,107
Lufttemperatur	0,650	0,319	0,228	0,089	0,041	0,610	0,474	0,956	0,515	0,515
Mittl. Strahlungstemp.	0,533	0,714	0,794	0,169	0,169	0,883	0,417	0,379	0,835	0,835
Gef. Temperatur	0,641	0,383	0,384	0,043	0,043	0,679	0,417	0,620	0,600	0,600

Tabelle 26b: Übersicht zur Analyse der Absolutwerte für hypertensive Entgleisung in der kalten Jahreshälfte; gelb: $p < 0.05$

Mittelwerte warme Jahreshälfte	0h/-6h/-12h A	-6h/-12h/-24h A	-6h/-12h/ -24h/-48h A	0h/-6h/-12h B	-6h/-12h/-24h B	-6h/-12h/ -24h/-48h B
Luftdruck	0,524	0,374	0,583	0,875	0,796	0,951
Dampfdruck	0,279	0,501	0,583	0,137	0,021	0,583
Wolkenbedeckung	0,708	0,481	0,647	0,467	0,624	0,969
Windgeschwindigkeit	0,577	0,655	0,874	0,403	0,485	0,489
Lufttemperatur	0,372	0,216	0,290	0,287	0,471	0,237
Mittl. Strahlungstemp.	0,997	0,361	0,288	0,418	0,974	0,865
Gef. Temperatur	0,440	0,169	0,129	0,437	0,740	0,671

Tabelle 26c: Übersicht zur Analyse der Mittelwertkombinationen für hypertensive Entgleisung in der warmen Jahreshälfte; gelb: $p < 0.0$

Mittelwerte kalte Jahreshälfte	0h/-6h/-12h A	-6h/-12h/- 24h A	-6h/-12h/ -24h/-48h A	0h/-6h/-12h B	-6h/-12h/-24h B	-6h/-12h/ -24h/-48h B
Luftdruck	0,482	0,767	0,848	0,655	0,958	0,999
Dampfdruck	0,773	0,501	0,374	0,013	0,042	0,374
Wolkenbedeckung	0,518	0,246	0,403	0,613	0,458	0,655
Windgeschwindigkeit	0,205	0,411	0,814	0,837	0,469	0,230
Lufttemperatur	0,242	0,164	0,099	0,652	0,958	0,830
Mittl. Strahlungstemp.	0,676	0,173	0,117	0,355	0,824	0,788
Gef. Temperatur	0,422	0,208	0,077	0,410	0,757	0,907

Tabelle 26d: Übersicht zur Analyse der Mittelwertkombinationen für hypertensive Entgleisung in der kalten Jahreshälfte; gelb: $p < 0.0$

3.3.3 Konditionale logistische Regressionsanalyse

Dampfdruck

Warme Jahreshälfte:

Bei den Absolutwerten des Dampfdrucks ergeben sich für -12h, -24h und -48h signifikante Abweichungen von den Referenzzeitpunkten der Kontrollgruppe B ($p < 0.05$). Dies gilt ebenso für die Mittelwertskombination -6/-12/-24 h bezüglich derselben Kontrollgruppe ($p < 0.05$). In Bezug auf Kontrollgruppe A unterscheidet sich weder ein Zeitpunkt der Absolutwerte noch eine Mittelwertskombination signifikant von den Werten der Referenzzeitpunkte (jedes $p = n.s.$).

Im Boxplotdiagramm spiegelt sich dies wie folgt wider: bei 12 und 24 Stunden vor Ereignis finden sich mit 13.4 hPa bzw. 13.7 hPa höhere Luftdrücke als zu den Referenzzeitpunkten 28 bis 7 Tage vor Ereignis. Der Dampfdruckunterschied zu -7d liegt für -12h bei 0.2 hPa bzw. für -24h bei 0.5 hPa, der größte Unterschied liegt mit einer Differenz von 1.5 hPa zwischen 21 Tagen und 24 Stunden vor Ereignis.

48 Stunden vor Symptomeintritt ist der Dampfdruck mit 13.2 hPa um mindestens 0.2 hPa höher als 28 bis 14 Tage vor Ereignis.

Auch die signifikante Tagesmittelung -6/-12/-24 h zeigt mit 13.3 hPa einen um 0.1 hPa bis 1.1 hPa höheren Dampfdruckwert als die Referenzzeitpunkte 28 bis 7 Tage vor Ereignis.

Dies deutet auf einen Zusammenhang zwischen den erhöhten Dampfdruckwerten 48 bis 12 Stunden vor Symptomeintritt und einer vermehrten stationären Aufnahme aufgrund von hypertensiver Entgleisung in der warmen Jahreshälfte hin. Dass der Dampfdruck zum nicht signifikanten Zeitpunkt 0 aber in etwa im selben Bereich wie zu den signifikanten Zeitpunkten 48 bis 12 Stunden Ereignis liegt, schwächt die Wertung dieses Ergebnisses ab.

Kalte Jahreshälfte:

Bezüglich Kontrollgruppe B weisen die Zeitpunkte 0h und -6h sowie die Mittelwertskombinationen 0/-6/-12 h und -6/-12/-24 h signifikante Abweichungen zu den Referenzzeitpunkten auf ($p < 0.05$).

In Bezug auf Kontrollgruppe A gibt es dagegen keine signifikanten Abweichungen von den Werten der Referenzzeitpunkte, weder bei den Absolutwerten noch den Mittelwertskombinationen (jedes $p = n.s.$).

Der Dampfdruck zum Zeitpunkt des Ereignisses sowie 6 Stunden zuvor liegt mit je 6.5 hPa jeweils um 0.1 hPa bis 0.5 hPa niedriger als die Dampfdrücke der Referenzzeitpunkte 28 bis 7 Tage vor Ereignis. Die Mittelwertskombination 0/-6/-12 h liegt mit 6.5 hPa ebenfalls niedriger als die Dampfdruckwerte 28 bis 7 Tage vor Ereignis, die Dampfdruckmittelung aus -6/-12/-24 h bleibt im Wert unterhalb der Werte 28 bis 14 Tage vor Ereignis.

Somit lässt sich eine Assoziation zwischen den im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten signifikant niedrigen Dampfdruckwerten im Vorfeld des Ereignisses sowie zu Symptomeintritt und dem vermehrten Auftreten von hypertensiver Entgleisung in der kalten Jahreshälfte herstellen.

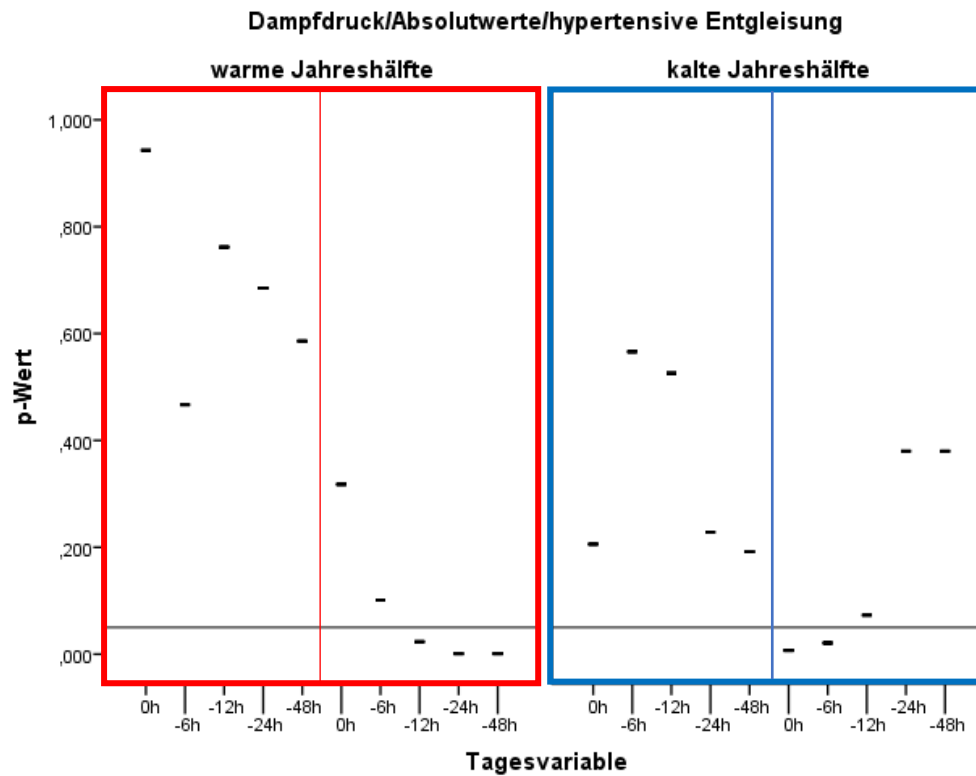


Abbildung 39a: Diagramm Ergebnisse hypertensive Entgleisung/Dampfdruck Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

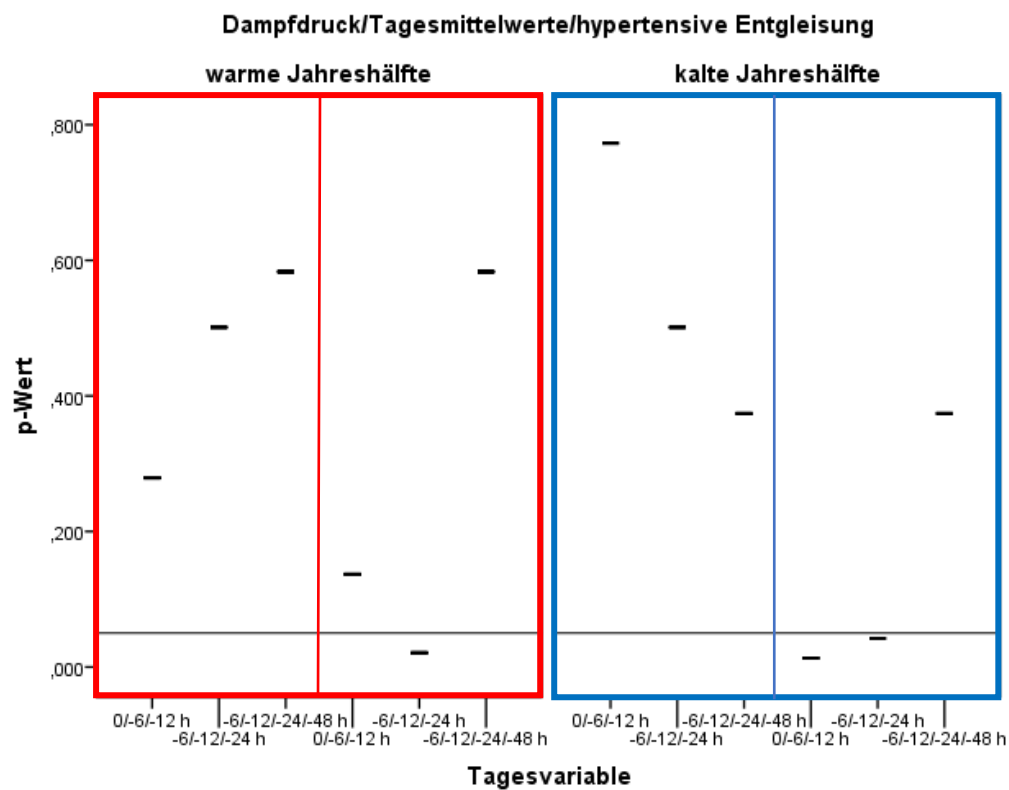


Abbildung 39b: Diagramm Ergebnisse hypertensive Entgleisung/Dampfdruck Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

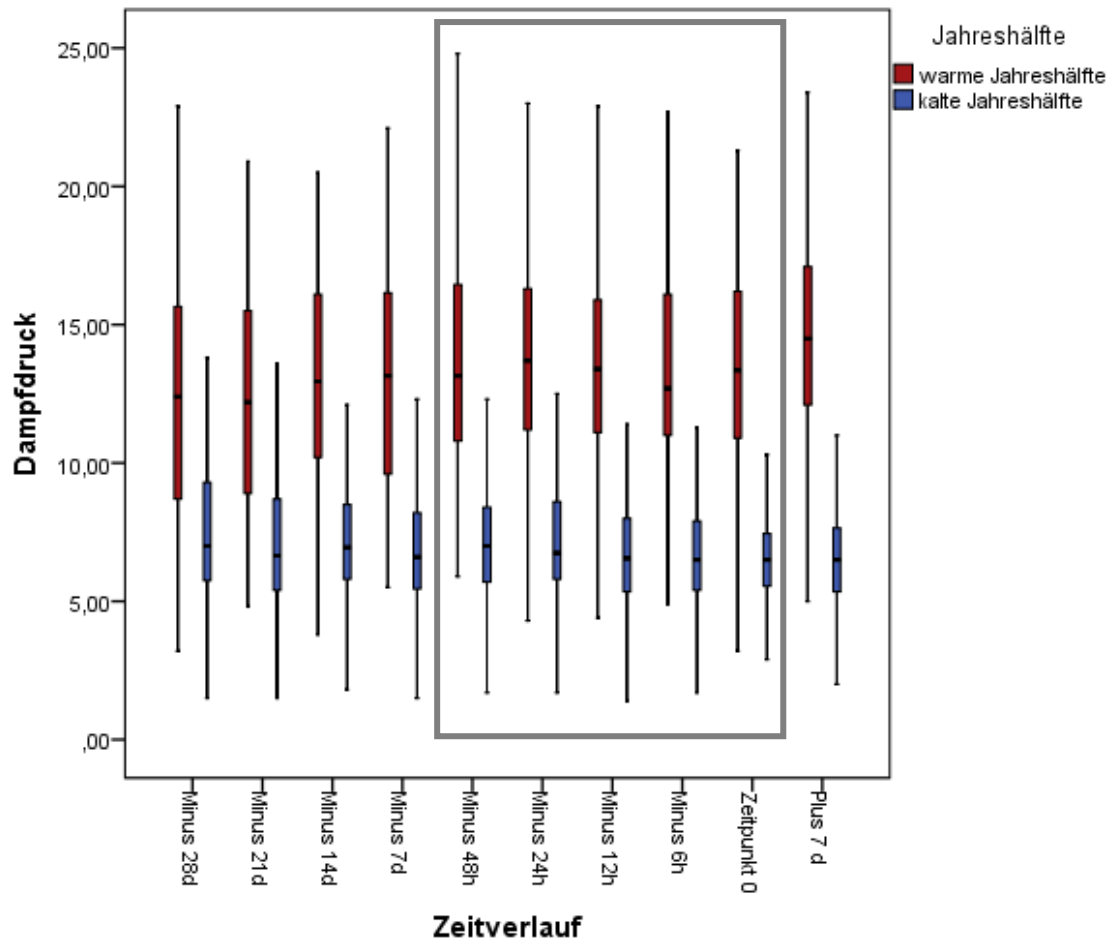


Abbildung 40: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf des Dampfdrucks bezogen auf die untersuchten Fälle von hypertensiver Entgleisung; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (hPa)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	12.4	12.2	13.0	13.2	13.2	13.7	13.4	12.7	13.4	14.5
Kalte Jahreshälfte	7.0	6.7	7.0	6.6	7.0	6.8	6.6	6.5	6.5	6.5

Tabelle 27a: Dampfdruck in Werten (in Hektopascal) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von hypertensiver Entgleisung

Tagesmittelwerte (hPa)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	13.2	13.3	13.2
Kalte Jahreshälfte	6.5	6.6	6.7

Tabelle 27b: Tagesmittelwerte des Dampfdrucks in Werten (in Hektopascal)

Lufttemperatur

Warme Jahreshälfte:

Bei den Absolutwerten der warmen Jahreshälfte weichen die Lufttemperaturwerte zu den Zeitpunkten -24h und -48h signifikant von den Werten der Referenzzeitpunkte der Kontrollgruppe B ab ($p < 0.05$), bei den Tagesmittelwerten zeigt keine Mittelwertskombination einen signifikanten Unterschied zu den Referenzzeitpunkten dieser Kontrollgruppe (jedes $p = n.s.$). In Bezug auf Kontrollgruppe A ergaben sich weder für die Absolutwerte noch für eine Mittelwertskombination signifikante Abweichungen von den Referenzzeitpunkten (jedes $p = n.s.$).

Die Lufttemperatur 48 Stunden vor Ereignis ist um 0.3°C bis 1.9°C erhöht im Vergleich mit 28, 21 und 7 Tagen vor Ereignis. Auch 24 Stunden vor Ereignis liegt die Lufttemperatur um 0.3°C bzw. 0.8°C höher als 28 bzw. 21 Tage vor Ereignis, jedoch um 1.3°C bzw. 0.8°C niedriger als 14 bzw. 7 Tage vor Ereignis.

Ein klinisch relevanter Zusammenhang zwischen einem vermehrten Auftreten von hypertensiver Entgleisung mit erhöhten Lufttemperaturen zwei Tage vor Ereignis kann aufgrund der Abweichungen innerhalb der beiden signifikanten Zeitpunkte nicht bestätigt werden, zumal auch kein Abgleich mit signifikanten Mittelwerten stattfinden kann.

Kalte Jahreshälfte:

In der kalten Jahreshälfte weicht nur bei einem Zeitpunkt der Lufttemperaturwert signifikant von den Werten der Referenzzeitpunkte ab, und zwar bei -48h in Bezug auf Kontrollgruppe A ($p < 0.05$). Alle anderen Zeitpunkte und Mittelwertskombinationen beider Kontrollgruppen zeigen im Abgleich mit den Referenzzeitpunkten keine signifikanten Abweichungen (jedes $p = n.s.$).

Im Boxplotdiagramm weist der Zeitpunkt 48 Stunden vor stationärer Aufnahme eine höhere Temperatur als zu den Referenzzeitpunkten 7 Tage vor und nach Symptomeintritt auf.

Da aber keine weiteren signifikanten Werte gefunden wurden, kann kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von hypertensiver Entgleisung mit erhöhten Lufttemperaturen in der kalten Jahreshälfte hergestellt werden.

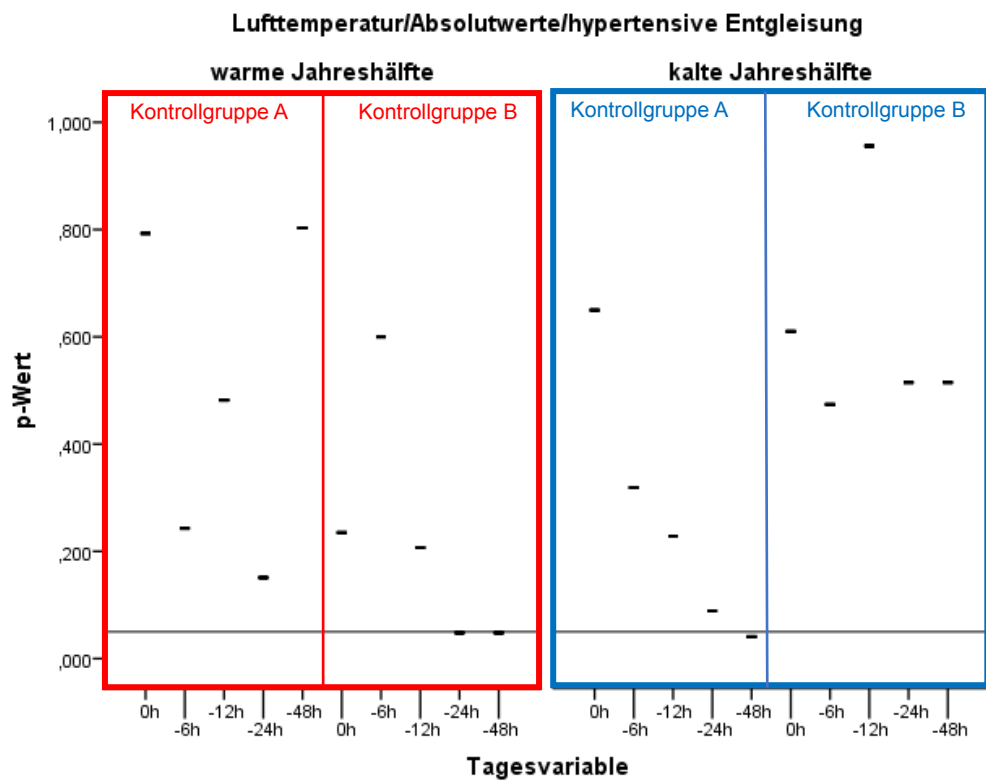


Abbildung 41a: Diagramm Ergebnisse hypertensive Entgleisung/Lufttemperatur Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

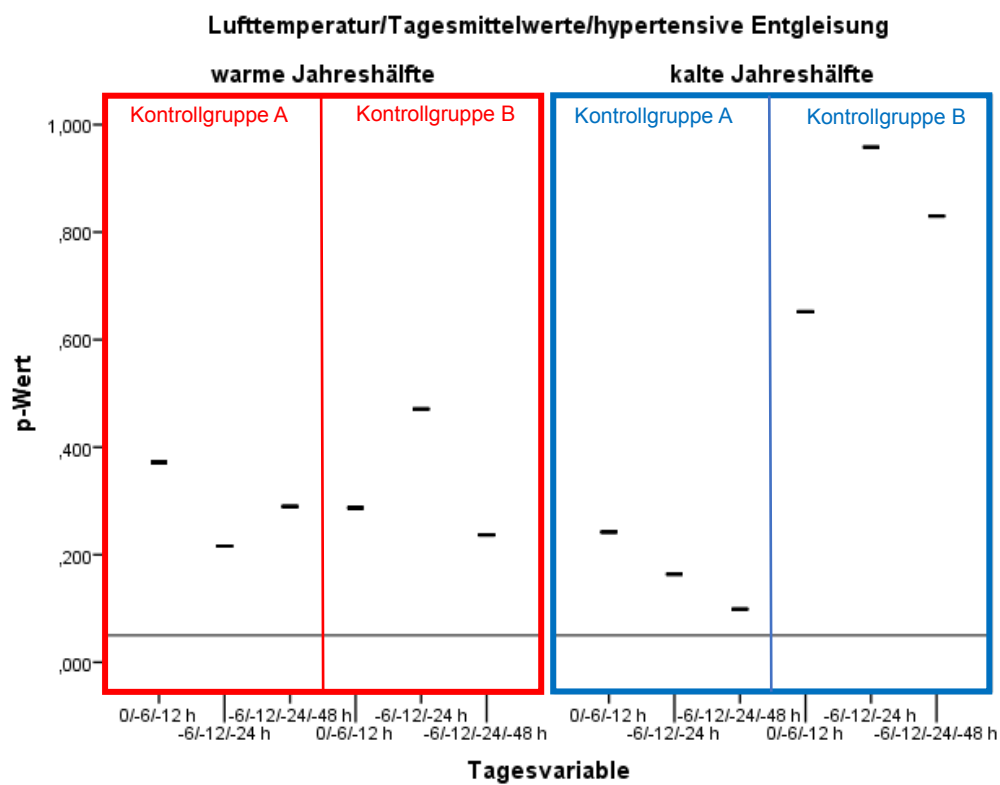


Abbildung 41b: Diagramm Ergebnisse hypertensive Entgleisung/Lufttemperatur Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

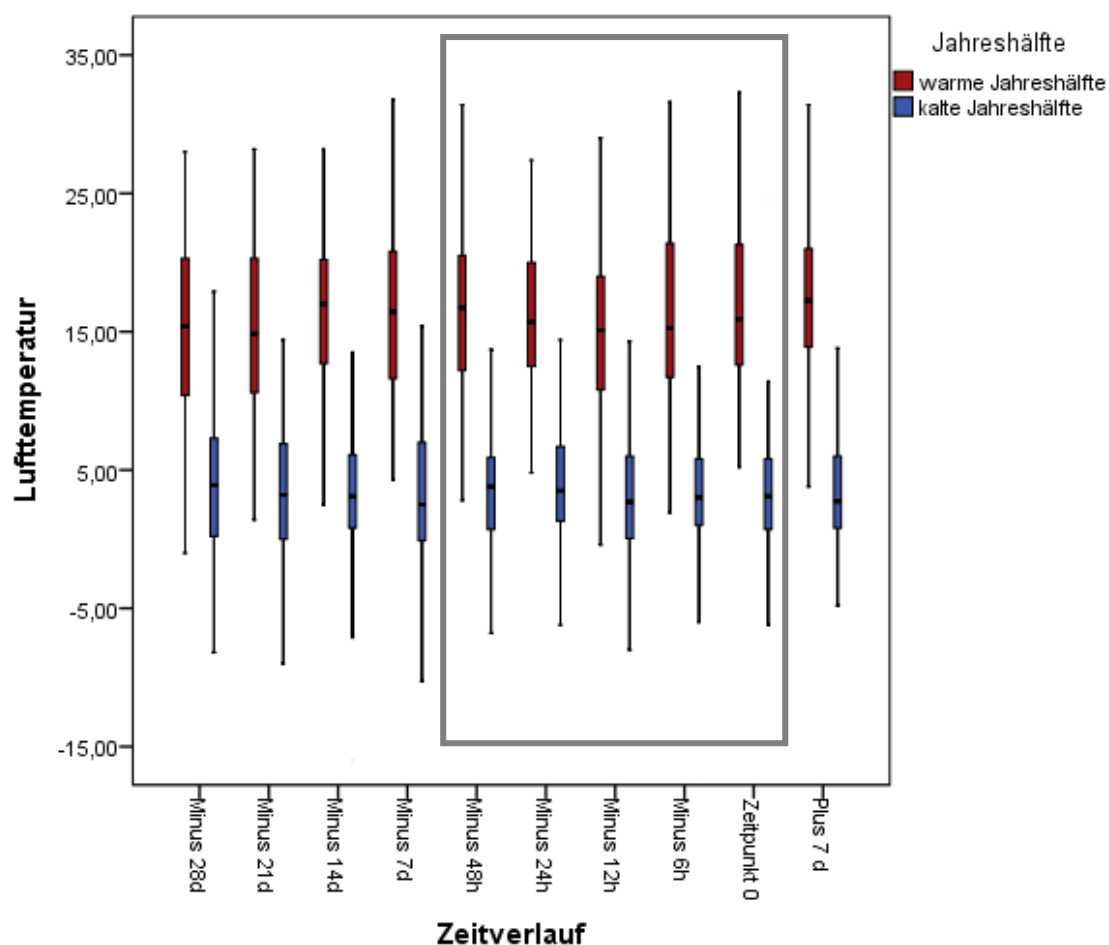


Abbildung 42: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf der Lufttemperatur bezogen auf die untersuchten Fälle von hypertensiver Entgleisung; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (°C)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	15.4	14.9	17.0	16.5	16.8	15.7	15.1	15.3	15.9	17.3
Kalte Jahreshälfte	3.9	3.2	3.1	2.5	3.9	3.5	2.7	3.0	3.1	2.7

Tabelle 28a: Lufttemperatur in Werten (in Grad Celsius) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von hypertensiver Entgleisung

Tagesmittelwerte (°C)	0/-6/-12 h	-6/-12/-24 h	-6/-12/-24/-48 h
Warme Jahreshälfte	15.4	15.4	15.7
Kalte Jahreshälfte	2.9	3.1	3.3

Tabelle 28b: Tagesmittelwerte der Lufttemperatur in Werten (in Grad Celsius)

Gefühlte Temperatur***Warme Jahreshälfte:***

In der warmen Jahreshälfte zeigt die gefühlte Temperatur weder in der Analyse der Absolutwerte noch der Mittelwertskombinationen eine signifikante Abweichung zu den Werten der Referenzzeitpunkten beider Kontrollgruppen (jedes $p=n.s.$).

Kalte Jahreshälfte:

In Bezug auf die Analyse der Absolutwerte zeigen sich bei Kontrollgruppe A signifikante Unterschiede zwischen den Referenzzeitpunkten und der gefühlten Temperatur bei -24h und -48h (p jeweils <0.05). Bei den Mittelwertskombinationen weicht kein Wert signifikant von den Referenzzeitpunkten der Kontrollgruppe A ab (jedes $p=n.s.$). Bezüglich Kontrollgruppe B unterscheidet sich kein Wert signifikant von seinen Referenzzeitpunkten, weder in Bezug auf die Analyse der Absolutwerte noch der Mittelwertskombinationen (jedes $p=n.s.$).

In der Boxplotanalyse zeigen sich im Vergleich mit sieben Tagen vor und nach Ereignis um 0.3°C bis 1.5°C erhöhte Temperaturwerte bei -48h und -24h.

Da jedoch keine weiteren signifikanten Werte gefunden wurden und ein Abgleich mit signifikanten Tagesmittelwerten nicht stattfinden kann, ist es anhand dieser Auswertung nicht möglich, eine Aussage über einen klinisch relevanten Zusammenhang zwischen einem vermehrten Auftreten von hypertensiver Entgleisung mit erhöhten gefühlten Temperaturen in der kalten Jahreshälfte zu treffen.

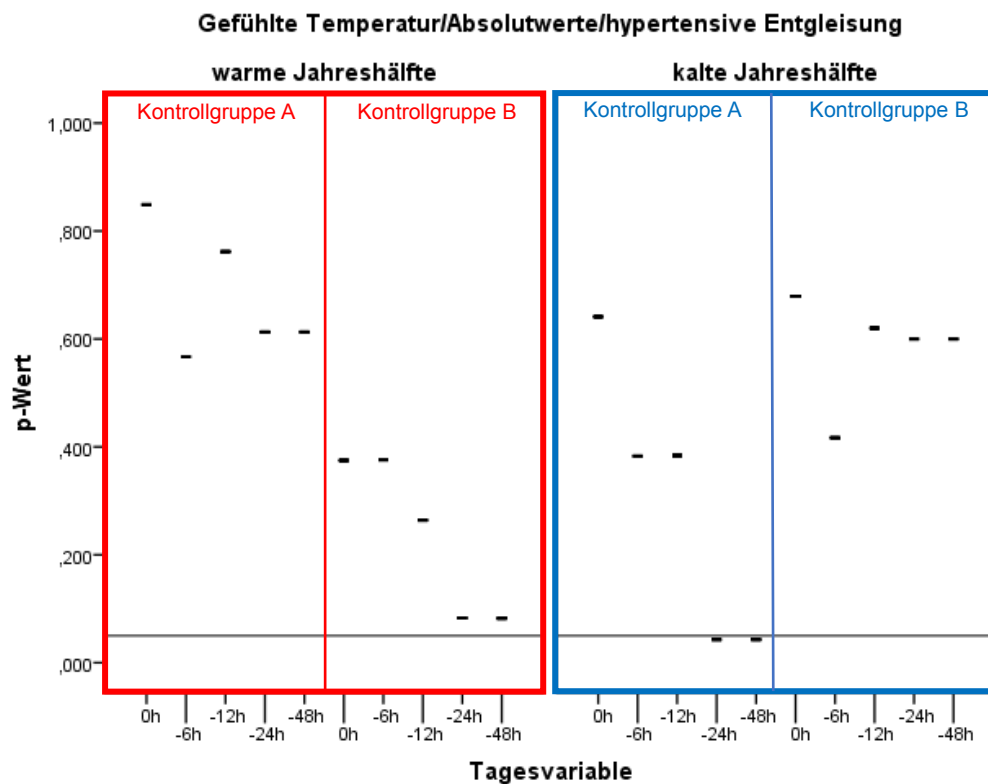


Abbildung 43a: Diagramm Ergebnisse hypertensive Entgleisung/gefühlte Temperatur Absolutwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

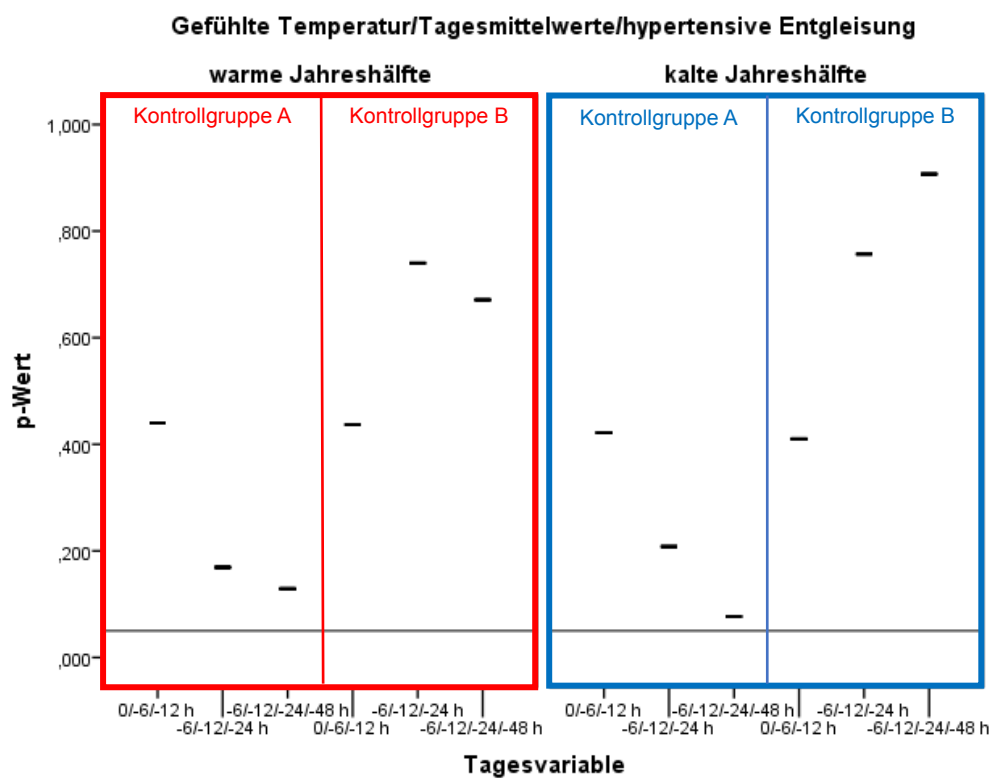


Abbildung 43b: Diagramm Ergebnisse hypertensive Entgleisung/gefühlte Temperatur Tagesmittelwerte; Signifikanzniveau: $p\text{-Wert}=0.05$

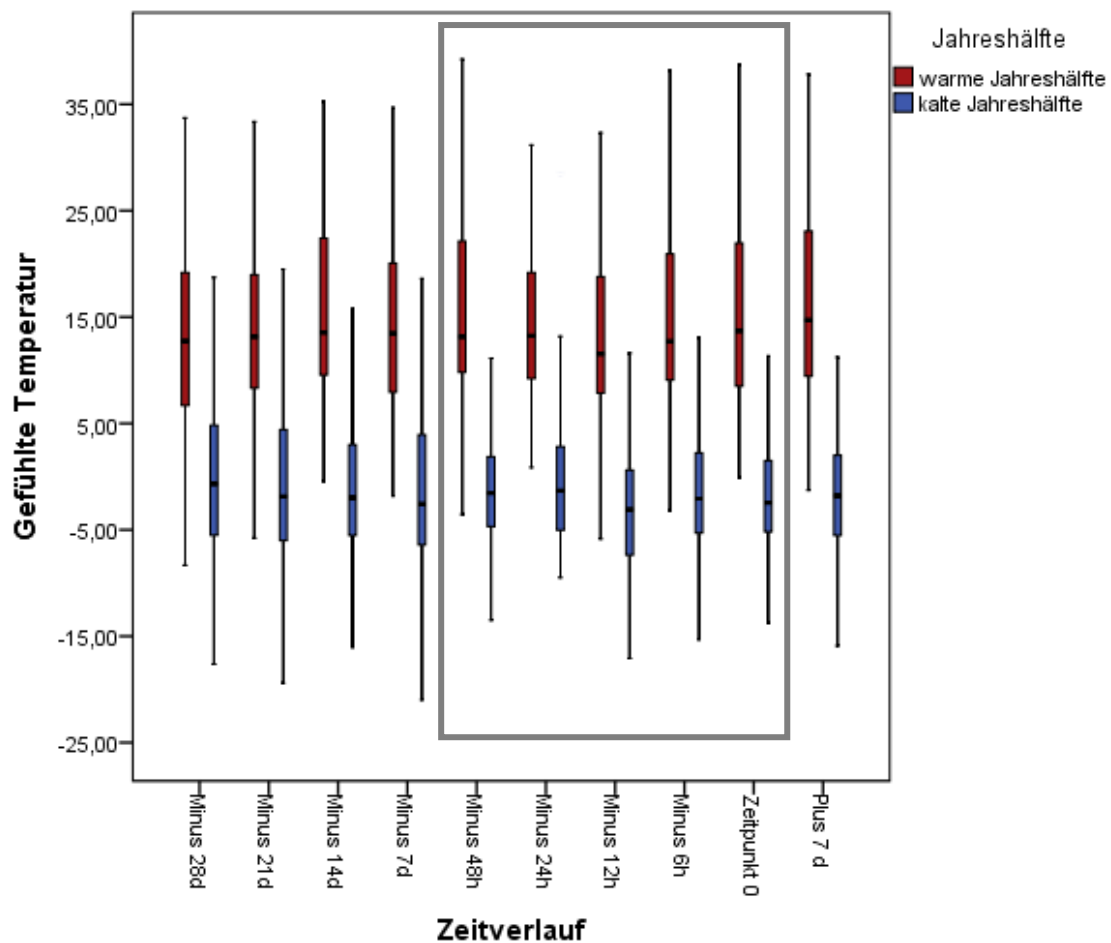


Abbildung 44: Boxplotdiagramm über den zeitlichen Verlauf der gefühlten Temperatur bezogen auf die untersuchten Fälle von hypertensiver Entgleisung; grauer Kasten markiert Fallperiode

Absolutwerte (°C)	Minus 28d	Minus 21d	Minus 14d	Minus 7d	Minus 48h	Minus 24h	Minus 12h	Minus 6h	Zeitpunkt 0 (t 0)	Plus 7d
Warme Jahreshälfte	12.8	13.2	13.5	13.5	13.1	13.2	11.5	12.7	13.7	14.7
Kalte Jahreshälfte	-0.7	-1.9	-2.0	-2.6	-1.5	-1.1	-3.1	-2.1	-2.4	-1.8

Tabelle 29a: Gefühlte Temperatur in Werten (in Grad Celsius) zu den Zeitpunkten 28 Tage vor bis 7 Tage nach Aufnahme aufgrund von hypertensiver Entgleisung

Tagesmittelwerte (°C)	-6/-12/-24/-48 h	-6/-12/-24 h	0/-6/-12 h
Warme Jahreshälfte	12.7	12.5	12.7
Kalte Jahreshälfte	-1.9	-2.1	-2.5

Tabelle 29b: Tagesmittelwerte der gefühlten Temperatur in Werten (in Grad Celsius)

3.3.4 Zusammenfassung der konditionalen logistischen Regressionsanalyse

Bei der Untersuchung der hypertensiven Entgleisungen in Abhängigkeit von signifikanten Wetterlageveränderungen finden sich nur für die Wettervariablen *Lufttemperatur*, *gefühlte Temperatur* und *Dampfdruck* signifikante Ergebnisse. Ein klinisch relevanter Zusammenhang mit dem Auftreten von hypertensiver Entgleisung und einer Veränderung dieser Wettervariablen konnte in Zusammenschau mit dem Wetterverlauf aber nur für den Dampfdruck nachgewiesen werden, und zwar in beiden Jahreshälften.

Übersichtstabelle	Warme Jahreshälfte	Kalte Jahreshälfte
Dampfdruck	↑ t ₋₄₈ bis t ₋₁₂	↓ t ₋₆ und t ₀
Lufttemperatur	-	-
Gefühlte Temperatur	-	-

Tabelle 30: Übersicht signifikanter Korrelationen von Wetterlageveränderungen mit dem Auftreten von hypertensiver Entgleisung;
Schematische Darstellung der Assoziation zu den angegebenen Zeitpunkten der Fallperiode (Bezug: Referenzzeitpunkte):

↑ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert, jeweils starke Assoziation
 ⬆ = höherer Wert bzw. ⬇ = niedrigerer Wert; jeweils deutliche Assoziation
 ⬈ = höherer Wert bzw. ⬇ = niedrigerer Wert; jeweils geringe Assoziation

4. Diskussion

4.1 Übersicht und allgemeine Wertung der Ergebnisse

Für alle drei untersuchten Krankheitsbilder Vorhofflimmern, kardiale Dekompensation und hypertensive Entgleisung konnte eine Assoziation mit Wetterveränderungen hergestellt werden. Der Zusammenhang zeigte sich für die drei Krankheitsbilder unterschiedlich ausgeprägt. Ferner zeigten sich die Assoziationen bei unterschiedlichen Wettervariablen, in unterschiedlichem zeitlichem Bezug zum Symptomeintritt sowie zum Teil Jahreshälften-abhängig beziehungsweise in warmer und kalter Jahreshälfte unterschiedlich ausgeprägt. Eine zusammenfassende Übersicht über alle drei Krankheitsbilder in Abhängigkeit der beiden Jahreshälften gibt Tabelle 32.

Neben statistisch signifikanten Zusammenhängen in Abhängigkeit der warmen und kalten Jahreshälfte wurden für diese Arbeit auch numerisch die saisonale Verteilung der drei Krankheitsbilder in den vier Jahreszeiten erfasst.

Dabei fällt auf, dass alle drei Krankheitsbilder die höchsten Fallzahlen im Winter aufweisen. Die wenigsten Krankenhauseinweisungen aufgrund von Vorhofflimmern und hypertensiver Entgleisung fanden im untersuchten Zeitraum jeweils im Sommer statt, die wenigsten Fälle von kardialer Dekompensation im Herbst, siehe Tabelle 31.

Fallzahlen im jahreszeitlichen Verlauf	Jahreszeit mit der höchsten Fallzahl	Jahreszeit mit der zweithöchsten Fallzahl	Jahreszeit mit der dritthöchsten Fallzahl	Jahreszeit mit der niedrigsten Fallzahl
Vorhofflimmern	Winter (n=25)	Herbst (n=23)	Frühling (n=17)	Sommer (n=15)
Kardiale Dekompensation	Winter (n=56)	Frühling (n=50)	Sommer (n=48)	Herbst (n=40)
Hypertensive Entgleisung	Winter (n=65)	Frühling (n=60)	Herbst (n=56)	Sommer (n=44)

Tabelle 31: Fallzahlen von Vorhofflimmern, kardialer Dekompensation und hypertensiver Entgleisung in Abhängigkeit der vier Jahreszeiten im untersuchten Zeitraum

Übersicht unterteilt in Jahreshälften	Vorhof-flimmern	Kardiale Dekompens.	Hypertensive Entgleisung	Vorhof-flimmern	Kardiale Dekompens.	Hypertensive Entgleisung
Luftdruck	-	-	-	-	↑ 12 bis 6 h vor t_0	-
Dampfdruck	↑ kurz vor und an t_0	↑ kurz vor und an t_0	↑ 48 bis 12 h vor t_0	↓ bis zu zwei Tage vor und an t_0	-	↓ kurz vor und an t_0
Wind-geschwindigkeit	-	-	-	-	↓ 12 h vor t_0	-
Bewölkungsgrad	↓ 12 h vor t_0	-	-	↓ an t_0	-	-
Lufttemperatur	↕ vor t_0 niedrig, an t_0 hoch	↕ vor t_0 niedrig, an t_0 hoch	-	↓ bis zu zwei Tage vor und an t_0	-	-
Mittlere Strahlungs-temperatur	↕ vor t_0 niedrig, an t_0 hoch	↕ vor t_0 niedrig, an t_0 hoch	-	↓ 12 bis 6 h vor t_0	-	-
Gefühlte Temperatur.	↑ 48 bis 24 h sowie 6h vor und an t_0	↕ vor t_0 niedrig, an t_0 hoch	-	↓ bis zu zwei Tage vor und an t_0	-	-

Tabelle 32: Übersicht über das Ergebnis der drei Krankheitsbilder unterteilt in warme und kalte Jahreshälfte; Schematische Darstellung der Assoziation zu den angegebenen Zeitpunkten der Fallperiode (Bezug: Referenzzeitpunkte):

↑ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert, jeweils starke Assoziation
 ↕ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert; jeweils deutliche Assoziation
 ↑ = höherer Wert bzw. ↓ = niedrigerer Wert; jeweils geringe Assoziation

Während bezüglich Vorhofflimmern alle signifikanten Variablen in beiden Jahreshälften eine Korrelation aufzeigen, zeigt sich bei den Ergebnissen zu kardialer Dekompensation eine deutliche Sensitivität in Bezug auf die beiden Jahreshälften, da hier alle signifikanten Wettervariablen jeweils nur in einer Jahreshälfte ausgeprägt sind. Auffällig ist, dass bezüglich kardialer Dekompensation alle drei Temperaturvariablen nur in der warmen Jahreshälfte eine Korrelation mit einem gehäuftem Auftreten beziehungsweise der Exazerbation von kardialer Dekompensation aufweisen. Ein möglicher Einfluss der Wettervariablen auf das Auftreten einer hypertensiver Entgleisung konnte nur mit einer Variablen hergestellt werden, und zwar mit dem Dampfdruck in beiden Jahreshälften.

Auch in Bezug auf die Stärke der Korrelation bestanden Unterschiede innerhalb der einzelnen Wettervariablen. Eine starke Korrelation wurde dann angenommen, wenn eine zeitliche Nähe der Wetterveränderung zum Symptomeintritt bestand sowie gleichzeitig eine Übereinstimmung der Absolut- und der Mittelwerte vorlag. Die signifikanten Zeitpunkte mussten sich außerdem im zeitlichen Verlauf der jeweiligen Wettervariable darstellen lassen.

Abhängigkeiten zeigen sich bei allen Krankheitsbildern sehr häufig mit signifikanten Wetterveränderungen im nahen Vorfeld des Ereignisses und zum Zeitpunkt des Symptomeintritts. Bei einigen Variablen zeigte sich aber auch eine Korrelation mit dynamischen Veränderungen, welche auf Steigungen der Wetterwerte zum Symptomeintritt hindeuten (z.B. Vorhofflimmern/mittlere Strahlungstemperatur in der warmen Jahreshälfte, kardiale Dekompensation/alle Temperaturvariablen in der warmen Jahreshälfte), welche aber mit der aktuellen Auswertung methodenbedingt nicht nachgewiesen werden konnte.

Außerdem zeigten einige Variablen eine Korrelation mit dem Auftreten der Erkrankung mit Wetterveränderungen nicht nur kurz vor und zu Symptomeintritt sondern auch in etwas größerem zeitlichem Abstand zum Symptomeintritt - und zwar bis zu zwei Tage zuvor. Besonders häufig gilt dies für das Auftreten von Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte: sowohl eine im Verhältnis zu den Referenzwerten signifikant erniedrigte Luft- oder gefühlte Temperatur als auch ein im Verhältnis zu den Referenzwerten signifikant erhöhter Dampfdruck korrelieren in zeitlichem Abstand mit bis zu zwei Tagen vor Symptomeintritt mit dem Auftreten von Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte.

4.2 Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit vorhandenen Studien

Im Vergleich verschiedener Studien untereinander sind grundsätzlich nicht nur auf Gemeinsamkeiten, sondern auch auf Unterschiede innerhalb der einzelnen Studien zu achten. In Bezug auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit anderen Studien ergeben sich insbesondere bei unterschiedlichen Wetterbedingungen Schwierigkeiten beim Vergleich der Ergebnisse. Dies wird besonders bei Betrachtung des für die vorliegende Studie vom Deutschen Wetterdienst erstellten Wettergebietes um Regensburg deutlich - selbst Orte mit geringer örtlicher Distanz zueinander können somit anderen Wetterbedingungen

ausgesetzt sein. Dies gilt für unterschiedliche Länder und Kontinente umso mehr. Auch Patientenzahlen und/oder Laufzeiten anderer Studien sowie die untersuchten Wettervariablen variieren zum Teil stark. Ebenso sind die Kriterien für die Erstellung des Patientenkollektivs nur in wenigen Fällen exakt kongruent, was die Vergleichbarkeit einzelner Studien untereinander stark erschweren kann. Nicht zuletzt unterscheidet die angewandte Methodik in der statistischen Auswertung verschiedener Studien sich häufig. Dies gilt es in der Wertung zu berücksichtigen.

4.2.1 Vorhofflimmern

Viskin et al. konnten bereits 1999 in Israel eine zirkadiane Rhythmik sowie wiederkehrende Muster in der saisonalen Verteilung von Vorhofflimmern aufzeigen (41). Saisonale Schwankungen im Auftreten von Vorhofflimmern wurden außerdem auch in späteren Studien von Frost et al. 2002 in Dänemark, Gluszk et al. 2008 in Polen sowie Vencloviene et al. 2017 in Litauen gefunden (42, 44, 47). Alle vier Studien fanden jeweils die höchsten Fallzahlen in den Wintermonaten (41, 42, 44, 47), was sich mit den Ergebnissen aus Ostbayern in der vorliegenden Promotionsarbeit deckt, wenngleich methodische Unterschiede innerhalb der einzelnen Studien vorliegen.

In die Studie von Viskin et al. wurden ausschließlich Patienten mit symptomatischem paroxysmalem Vorhofflimmern aufgenommen. Von 1987 bis 1997 wurden insgesamt 9989 Episoden von paroxysmalem Vorhofflimmern über einen medizinischen Notfalldienst in Israel registriert (41). Ebenso untersuchten Vencloviene et al. den Zusammenhang von Wetterbedingungen und Luftverschmutzungen mit dem Auftreten von paroxysmalem Vorhofflimmern in Litauen. Dabei betrug die Patientenzahl über von 2009 bis 2011 insgesamt 5361 Patienten (47). Gluszk et. al. generierten dagegen ähnlich zu der hier vorliegenden Regensburger Studie Patienten mit verschiedenen Formen von Vorhofflimmern innerhalb eines Jahres in Polen und erhielten von 2005 bis 2006 ein Gesamtkollektiv von 739 Patienten (44). Auch in die Studie von Frost et al. in Dänemark wurden von 1980 bis 1993 verschiedene Formen von Vorhofflimmern aufgenommen, aber mit einer sehr viel größeren Fallzahl von insgesamt 32.992 Patienten (42).

In der Regensburger Kohorte sind nur die Fallzahlen eines Jahres vorhanden, weshalb die monatlichen Zahlen nicht mit denen vorhergehender oder nachfolgender Jahre

verglichen werden können, was die Aussagekraft bezüglich einer saisonalen Rhythmik dementsprechend limitiert. Jedoch wurden auch innerhalb dieses untersuchten Jahres die häufigsten Fallzahlen im Monat Januar, also innerhalb der kalten Jahreshälfte, verzeichnet. Die Monate April und September zeigen die niedrigsten Fallzahlen. Auch in der jahreszeitlichen Betrachtung weist die Jahreszeit Winter insgesamt die größte Patientenzahl auf.

Bezüglich eines gehäuftes Auftretens von Vorhofflimmern in Abhängigkeit von Wetterparametern wurde besonders ein Zusammenhang mit der Außentemperatur bereits in mehreren Studien diskutiert, wobei niedrige Temperaturen zum Symptomzeitpunkt sowie zum Teil mit einem Abstand von zwei bis drei Tagen zum Symptomeintritt jeweils eine direkte Assoziation zeigten (42, 45, 47).

Die in Dänemark durchgeführte Studie von Frost et. al. aus dem Jahr 2002 zeigt eine Assoziation zwischen dem Risiko für Vorhofflimmern und der Jahreszeit sowie der Außentemperatur. So war das Risiko nicht nur moderat im Winter erhöht sondern auch mit niedrigen Außentemperaturen um den Symptomzeitpunkt assoziiert (42). Dies gilt auch für die Daten aus Ostbayern in der vorliegenden Regensburger Studie, allerdings nur für die kalte Jahreshälfte und mit niedrigen Außentemperaturen nicht nur um den Symptomzeitpunkt, sondern auch bis zu zwei Tage zuvor. Außerdem wurde in der dänischen Studie nicht das Case-cross-over-Design, sondern periodische Regressionsmodelle zur Auswertung verwendet (42). Ein weiterer Unterschied ist die sehr hohe Patientenzahl von 32.992 Patienten von 1980 bis 1993, die zu einer hohen Aussagekraft der Studie führt, wohingegen das Patientenkollektiv von 80 Fällen in der Regensburger Kohorte einem einzelnen Jahr entstammt. Allerdings wurde das Patientenkollektiv entgegen des Modells eines eingegrenzten Wettergebietes in ganz Dänemark aufgenommen, ohne ein Wettergebiet festzulegen, um Schwankungen der Wetterbedingungen auszuschließen. Es wurde davon ausgegangen, dass die Schwankungen innerhalb des Landes sehr gering sind und die in Kopenhagen aufgenommenen Wetterdaten Allgemeingültigkeit besitzen (42), was Fragen bezüglich der regionalen Schwankungen innerhalb des Patientenkollektivs offen lässt.

Auch in der litauischen Studie von Vencloviene et al., die 2017 veröffentlicht wurde, befanden sich alle verwendeten Messstationen zwar rund um Kaunas, der Stadt in der das Patientenkollektiv mittels gesammelter Daten von Notrufen generiert wurde (47), jedoch wurde kein eingegrenztes Gebiet um die Messstellen festgelegt um

meteorologische Schwankungen innerhalb des Einzugsgebiets zu minimieren. Aber auch diese Studie weist mit 5361 Patienten über knapp zweieinhalb Jahre ein deutlich höheres Patientenkollektiv auf als die hier vorliegende Regensburger Studie (47). Vencloviene et. al. zeigen einen Zusammenhang des Auftretens von Vorhofflimmern mit niedrigen Außentemperaturen besonders in den Wintermonaten auf, allerdings war das Ziel dieser Studie, den unterschiedlichen Einfluss der verschiedenen Tageszeiten zu untersuchen. So wurde ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Vorhofflimmern und niedrigen Temperaturen hauptsächlich nachmittags (14.00-21:59 Uhr) für Temperaturen unter 1.9°C mit einer zeitlichen Verzögerung von zwei bis drei Tagen vor der Vorstellung in der Notaufnahme gezeigt (47). Auch in der hier vorliegenden Promotionsarbeit konnte in der kalten Jahreshälfte für alle drei Temperaturvariablen ein Zusammenhang mit niedrigen Temperaturen gezeigt werden, eine spezielle Aufteilung in Tageszeiten erfolgte allerdings nicht. Außerdem wurde in der litauischen Studie kein Case-cross-over-Design, sondern Poisson'sche Regressionsmodelle verwendet (47).

Dagegen verwendeten Nguyen et al. in einer 2015 veröffentlichten amerikanischen Studie ebenfalls das Case-cross-over-Design, außerdem erfolgte für diese Studie auch eine Gebietseingrenzung, wenn auch nur mittels eines 50 km Radius um die verwendete Messtation, welche sich in Boston, Massachusetts, befand. Allerdings wurde in dieser Studie der Einfluss von meteorologischen Bedingungen ausschließlich auf das Auftreten von paroxysmalem Vorhofflimmern untersucht. So wurden nur Patienten über 18 Lebensjahren mit implantierbaren Kardioverter-Defibrillatoren (ICDs) einbezogen, welche über 4 Jahre beobachtet wurden. Außerdem wurden nur Fälle von paroxysmalem Vorhofflimmern von mindestens 30 Sekunden in die Studie aufgenommen, was ein Patientenkollektiv von 49 Patienten und 328 Fällen von Vorhofflimmer-Episoden ergab (45). In die Regensburger Kohorte wurden dagegen verschiedene Formen von Vorhofflimmern aufgenommen. Neben niedrigen Temperaturen konnte in der Studie von Nguyen et al. außerdem ein Zusammenhang mit niedriger Luftfeuchte und dem Auftreten von paroxysmalem Vorhofflimmern gezeigt werden. Eine Aufteilung in Jahreszeiten wie sie in der Regensburger Studie Anwendung fand wurde nicht vorgenommen. Besonders hervorzuheben ist aber, dass die Studie von Nguyen et al. neben der vorliegenden Regensburger Studie die einzige ist, in der außer der Lufttemperatur auch die gefühlte Temperatur untersucht wurde. Auch hierfür wurde ein Zusammenhang mit niedrigen Temperaturen bis zu 48 Stunden

vor Symptomzeitpunkt gefunden (45). Dieselbe zeitliche Relation fand sich auch in den Regensburger Daten: die Korrelation mit niedrigen Temperaturen in der kalten Jahreshälfte zeigte sich bis zu zwei Tage vor sowie zu Symptomeintritt. Jedoch wurde anhand der hier vorliegenden Daten in Ostbayern für die gefühlte Temperatur nur in der kalten Jahreshälfte ein Zusammenhang mit niedrigen Temperaturen aufgezeigt, in der warmen Jahreshälfte dagegen konnte eine Assoziation mit einem erhöhten Auftreten von Vorhofflimmern mit im Verhältnis zu den Referenzzeitpunkten hohen gefühlten Temperaturen bis zu zwei Tage vor und zu Symptomeintritt dargelegt werden.

Vergleicht man das Fazit dieser drei angeführten Studien bezüglich des Einflusses der Temperatur auf das Auftreten von Vorhofflimmern mit den Ergebnissen der Regensburger Daten, so zeigt sich also bei allen drei Studien eine Übereinstimmung mit der hier vorliegenden Promotionsarbeit bezüglich der kalten Jahreshälfte. Die Studien von Frost et. al. sowie Vencloviene et al. verwenden als Temperaturparameter nur die Außen-Lufttemperatur (42, 47), die Studie von Nguyen et. al. zusätzlich die gefühlte Temperatur (45).

Es gibt keine weiteren Studien, die zum Vergleich einer Assoziation der Temperatur mit dem Auftreten von Vorhofflimmern herangezogen werden können. Anhand der vorhandenen Studien lassen sich aber Parallelen zwischen Dänemark, Litauen und den USA mit den Ergebnissen in Ostbayern in der kalten Jahreshälfte ziehen, da jeweils eine Assoziation zwischen dem Auftreten von Vorhofflimmern und kalten Temperaturen besteht.

In der amerikanischen Studie von Nguyen et. al. 2015 zeigte neben der Lufttemperatur außerdem eine niedrige absolute Luftfeuchte einen Zusammenhang mit dem Auftreten von paroxysmalem Vorhofflimmern. Eine Senkung um je $0,5 \text{ g/m}^2$ in den vorhergehenden 24 Stunden hob die Wahrscheinlichkeit um 4% sowie um 5% in den vorausgehenden zwei Stunden (45). Zwar liegen in der hier vorliegenden Regensburger Studie keine Werte über die absolute Luftfeuchte vor, jedoch über die Dampfdruckwerte. So konnte in der kalten Jahreshälfte ebenso eine Assoziation mit vermehrtem Auftreten von Vorhofflimmern und niedrigen Dampfdruckwerten bis zu zwei Tage vor Symptomeintritt hergestellt werden. Für die warme Jahreshälfte zeigte sich jedoch ein umgekehrtes Verhalten. Dies ist jedoch wiederum aufgrund der

unterschiedlichen Methodik nicht direkt zu vergleichen, da in der amerikanischen Studie keine Auswertung nach Jahreshälften erfolgte. Außerdem müssen auch unterschiedliche Einflüsse in verschiedenen Klimaregionen unbedingt bedacht werden.

Die 2017 veröffentlichte litauische Studie von Vencloviene et. al. fand neben oben beschriebenen Ergebnissen bezüglich der Temperatur auch ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von paroxysmalem Vorhofflimmern nachts bei 2 bis 5 Tagen vorausgehenden Windgeschwindigkeiten über dem Median (47). Dagegen konnte anhand der Regensburger Daten kein Zusammenhang von im Vergleich mit den Referenzzeitpunkten erhöhten oder erniedrigten Windgeschwindigkeiten mit gehäuften Notaufnahmeverstellungen aufgrund von Vorhofflimmern festgestellt werden. Zum einen wurde in der Studie von Vencloviene et. al. mittels Poisson'schen Regressionsmodellen eine andere statistische Methode angewendet, zum anderen sind in dieser Studie ausschließlich Patienten mit paroxysmalem Vorhofflimmern und Zwei-Kammer implantierbaren Kardioverter-Defibrillatoren (ICDs) aufgenommen. Des Weiteren erfolgt keine Auswertung nach Jahreshälften, sondern nach Tageszeiten (47). Dies kann in Zusammenschau ein unterschiedliches Ergebnis bezüglich einzelner Wetterparameter ergeben, wobei auch geographische Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern als Kriterium für unterschiedliche Ergebnisse nicht außer Acht gelassen werden sollten.

Trotz vieler, oft methodisch bedingter Unterschiede zeigen sich in den Ergebnissen der vorliegenden Regensburger Daten insbesondere bezüglich der Ergebnisse der kalten Jahreshälfte Übereinstimmungen mit der bisherigen Studienlage. Ganz besonders trifft dies auf das Auftreten von Vorhofflimmern in Assoziation mit kalten Außentemperaturen zu.

Abschließend muss betont werden, dass die hier vorliegende Regensburger Studie aktuell die einzige Studie ist, die eine Korrelation mit dem Auftreten von Vorhofflimmern und verschiedenen Wetterparametern in Deutschland untersucht hat. Außerdem ist sie die einzige Studie, die diesbezüglich eine von einem anerkannten Wetterdienst vorgenommene geographische Eingrenzung bei der Patientenauswahl anwendet sowie eine in Jahreshälften unterteilte Auswertung durchführt. Ebenso muss ein besonderes Augenmerk auf die Variable gefühlte Temperatur gelegt werden, welche

bis auf die Studie von Nguyen et al. in keiner der anderen Studien verwendet wurde (42, 45, 47). Dies ist insofern besonders zu beachten, da sich in der Variable gefühlte Temperatur nicht nur Temperaturvariablen, sondern auch viele andere Wetterparameter widerspiegeln (siehe hierzu auch 4.3).

4.2.2 Kardiale Dekompensation

Viele Studien in unterschiedlichen Ländern und auf unterschiedlichen Kontinenten untersuchten die saisonale Schwankung im Auftreten von Herzinsuffizienz und erhielten jeweils deutlich höhere Zahlen in den Wintermonaten (49–55).

Zwar weisen die einzelnen Studien Unterschiede innerhalb der Methodik auf, allein in Zahlen betrachtet wurden aber auch in Ostbayern anhand der Regensburger Daten die meisten Krankenhauseinweisungen aufgrund von kardialer Dekompensation im Winter aufgenommen.

Eine Studie aus Frankreich aus dem Jahr 1999 von Boulay et al., welche über eine nationale Datenbank 138.602 Tode aufgrund von Herzinsuffizienz von 1992 bis 1996 sowie 324.013 Krankenhauseinlieferungen aufgrund von chronischer Herzinsuffizienz von 1995 bis 1997 verzeichnete, fand sowohl bezüglich des Auftretens als auch der Mortalität erhöhte Zahlen in den Wintermonaten (50). Hierbei wurden allerdings Patienten aufgrund von chronischer Herzinsuffizienz aufgenommen (50), was nicht mit den erhobenen Daten von akuter Herzinsuffizienz in Ostbayern übereinstimmt. Auch dass Boulay et al. die Patientendaten für ihre Studie aus einem nationalen Datenpool schöpften (50), widerspricht der Gebietseingrenzung, die für die vorliegende Regensburger Studie angewendet wurde.

2002 wurde eine Studie aus Schottland von Stewart et al. veröffentlicht, welche ihre Daten ebenfalls aus einer nationalen Datenbank erhielt und bei 75.452 männlichen und 81.269 weiblichen Patienten mit akuter Herzinsuffizienz von 1990 bis 1996 bei beiden Geschlechtern erhöhte Zahlen im Winter verzeichnete. Die Patientenauswahl dieser Studie entspricht dem Patientenkollektiv der Regensburger Studie, da ebenfalls Patienten mit sowohl akuter Rechts- als auch Linksherzinsuffizienz in die Studie aufgenommen wurden (51). Da das Patientenkollektiv aber aus einer Datenbank entnommen wurde (51), widerspricht dies wiederum der Idee eines eingegrenzten Wettergebietes, welche bei der Datenerhebung in Ostbayern Anwendung fand.

Zwei weitere Studien aus Europa wurden von Martinez-Sellés et al. 2002 in Spanien sowie von Gallerani et al. 2011 in Italien veröffentlicht (52, 55).

Das Patientenkollektiv der Studie von Martinez-Sellés et al. wurde in einem Universitätsklinikum in Madrid innerhalb des Jahres 1996 generiert und betrug 1358 Krankenhauseinweisungen bei 1069 Patienten. Die höchsten Zahlen wurden hierbei im Winter, die niedrigsten im Sommer verzeichnet, was dem Ergebnis der Daten aus Ostbayern entspricht. Obwohl der Beobachtungszeitraum bei Martinez-Sellés et al. wie in der vorliegenden Promotionsarbeit nur ein Jahr betrug, wurden für die spanische Studie deutlich mehr Patienten generiert. Dies liegt zum einen in der Tatsache begründet, dass sich die Patientenauswahl nicht wie in der Regensburger Studie nur auf Fälle von akuter Herzinsuffizienz beschränkt, sondern im Rahmen des ICD-9-Codes eine größere Aufnahmebreite ansetzt und somit ein weniger spezifisches Patientenkollektiv generiert. Außerdem verzichteten auch Martinez-Sellés et al. auf die Anwendung eines eingegrenzten Wettergebietes, dementsprechend erfolgte kein Ausschluss von Patienten aufgrund dieses Kriteriums (55).

Dies gilt ebenso für die italienischen Studie von Gallerani et al., da auch hier keine Gebietseingrenzung angewendet wurde und die Patientenauswahl mittels des ICD-9-Codes erfolgte und nicht wie bei der vorliegenden Promotionsarbeit nur Patienten mit dekompensierter Herzinsuffizienz, sondern auch anderen Diagnosen wie weiteren Formen von Herzerkrankungen sowie unspezifischer Herzinsuffizienz in die Studie aufgenommen wurden. Zwar wurde das Patientenkollektiv wie in der vorliegenden Regensburger Studie in einem einzigen Krankenhaus generiert, der Beobachtungszeitraum betrug allerdings 7 Jahre, wobei von 2002 bis 2009 bei einem Patientenkollektiv von insgesamt 19954 Patienten für beide Geschlechter höhere Zahlen an Herzinsuffizienz im Winter verzeichnet wurden, was wiederum der numerischen Häufung der in Ostbayern generierten Zahlen entspricht (52).

Erhöhtes Auftreten von Herzinsuffizienz in der jeweiligen kalten Jahreszeit wurde in Studien außerhalb Europas außerdem noch in Kanada in einer Studie von Feldman et al. 2004, in Südamerika in einer Studie von Diaz et al. 2007, sowie in den USA in einer Studie von Akintoye et al. 2017 gefunden (49, 53, 54).

Während Akintoye et al. bei der Erstellung des Patientenkollektivs keinen Unterschied zwischen akuter und chronischer Herzinsuffizienz machen (53), wurden für die Studien von Diaz et al. und Feldman et al. entsprechend der vorliegenden Regensburger

Studie nur Fälle von dekompensierter Herzinsuffizienz aufgenommen (49, 54).

Bis auf die spanische Studie von 2002 von Martinez-Sellés et al., welche vergleichbar zu der hier vorliegenden Promotionsarbeit Daten innerhalb eines Jahres beinhaltet (55), sammelten alle anderen genannten Studien Daten über mehrere Jahre hinweg (49–54). Somit lässt sich diesbezüglich bei allen anderen genannten Studien die längere Laufzeit sowie die entsprechend größeren Fallzahlen als deutlicher Unterschied zu der hier vorliegenden Promotionsarbeit nennen. Eine besonders große Differenz zu den 294 Fällen der vorliegenden Regensburger Daten zeigt sich bei 2.8 Millionen Fällen der amerikanischen Studie von Akintoye et. al. (53). Da die Daten einem nationalen Datenpool entstammen (53), erfolgte keine spezifische geographische respektive meteorologische Sortierung gemäß der in der Regensburger Studie durchgeführten Wettergebietseingrenzung. Dasselbe gilt für die Studien aus Schottland, Frankreich und Kanada, welche ihr Patientenkollektiv ebenfalls aus nationalen Datenpools erhielten (50, 51, 54). Obwohl die Patientenfälle der südamerikanischen, italienischen und spanischen Studien wie bei der hier vorliegenden Studie jeweils aus den Daten eines Krankenhauses und nicht eines nationalen Pools entstammen, wurden auch hier keine Patienten bezüglich Wohnort oder Aufenthaltsort aus der Studie ausgeschlossen (49, 52, 55).

So zeichnen diese Studien zwar deutlich mehr Patientenfälle auf, jedoch entstammen die Patienten aller genannten Studien nicht wie in dieser aktuellen Regensburger Studie zwangsläufig demselben geographischen Wettergebiet. Dies muss an dieser Stelle nochmals besonders betont werden, da die vorliegende Arbeit die erste Studie ist, bei der diesbezüglich eine wetterspezifische Gebietseingrenzung als Auswahlkriterium des Patientenkollektivs Anwendung findet.

Trotz der großen methodischen Unterschiede zeigt aber auch die hier vorliegende Promotionsarbeit, wenngleich in sehr kleiner Patientenzahl, dasselbe Ergebnis mit den höchsten Fallzahlen von Herzinsuffizienz im Winter.

Es gibt drei weitere Studien, die sich mit einer Korrelation zwischen dem Auftreten von Herzinsuffizienz und einzelnen Wetterparametern beschäftigen.

2014 zeigte eine Studie von Das et al. einen bidirektionalen Zusammenhang zwischen akuter Herzinsuffizienz und meteorologischen Gegebenheiten, insbesondere der Außentemperatur, auf. Bei einem Patientenkollektiv von insgesamt 7141 Patienten

wurde ein erhöhtes Auftreten sowohl mit überdurchschnittlich hohen als auch niedrigen Temperaturen gefunden (57). Die Regensburger Daten weisen dagegen auf einen Zusammenhang mit zunächst niedrigen und zu Symptomeintritt hin hohen Temperaturen hin, und zwar für alle drei Temperaturvariablen und ausschließlich in der warmen Jahreshälfte. Regionale Unterschiede bezüglich des Wetters werden außerdem in der Studie von Das et al. völlig außen vorgelassen, da es sich um einen internationalen Datenpool handelt, der über die Daten von 30 verschiedenen Ländern verfügt (57). Die in der vorliegenden Promotionsarbeit vorgenommene spezifische meteorologischen Gebietseingrenzung zeigt somit einen völlig anderen Ansatz.

Eine chinesische Studie von Qiu et al. aus dem Jahr 2013 untersuchte, ob größere Temperaturwechsel innerhalb eines Tages Auswirkungen auf die Häufigkeit der notfallmäßigen Aufnahmen aufgrund von Herzinsuffizienz haben und fand hierfür eine direkte Assoziation. Diese war in der kalten Jahreshälfte, die in dieser Studie von November bis März definiert wurde, stärker ausgeprägt (56). Auch in der hier vorliegenden Promotionsarbeit konnte ein Einfluss der Temperatur beziehungsweise aller drei untersuchten Temperaturparameter auf die Häufigkeit des Auftretens von kardialer Dekompensation feststellen, jedoch bestand konträr zu den Ergebnissen von Qiu et al. diese Assoziation nur in der warmen Jahreshälfte, nicht in der kalten, welche leicht abweichend von Oktober bis März definiert war (56). Die abweichenden Definitionen liegen in den unterschiedlichen Jahreszeitenabläufen der unterschiedlichen Kontinente begründet. Dementsprechend müssen unterschiedliche Wettereinflüsse in verschiedenen Klimazonen als Ursache für abweichende Ergebnisse unbedingt in Betracht gezogen werden. Außerdem wurden in der vorliegenden Regensburger Studie nicht größere Temperaturschwankungen innerhalb eines Tages untersucht, sondern mittels konditionaler Regressionsanalyse im Vergleich zu den Referenzzeitpunkten signifikant unterschiedliche Temperaturwerte. Ein weiterer Unterschied zu den hier vorliegenden Daten der Regensburger Studie ist, dass das Gebiet, aus dem die in die chinesische Studie aufgenommenen Patienten stammten, sich über die gesamte Stadt Hong Kong erstreckte, eine weitere Einteilung nach meteorologischen Aspekten erfolgte nicht. Dementsprechend hoch war das Patientenkollektiv von 95897 Krankenhauseinweisungen von 2000 bis 2007. Die Auswertung erfolgte zudem nicht über Case-cross-over-Studien, sondern über Poisson'sche Regressionsmodelle (56).

In einer weiteren chinesischen Studie aus dem Jahr 2017 von Goggins et al., in der

ebenfalls Poisson'sche Regressionsmodelle Anwendung fanden, wurde der Zusammenhang verschiedener meteorologischer Parameter und dem Auftreten sowie der Mortalität aufgrund von Herzinsuffizienz untersucht. Neben der Durchschnittstemperatur wurden auch die Luftfeuchtigkeit und die Windgeschwindigkeit herangezogen. Ein starker Zusammenhang wurde zwischen einer erhöhten Zahl an Klinikeinweisungen sowie erhöhter Sterblichkeit aufgrund von Herzinsuffizienz mit kälteren Tagesdurchschnittstemperaturen kumulativ über mehrere Tage hinweg gefunden. Außerdem fand sich ein leichter Zusammenhang mit hoher und niedriger Luftfeuchtigkeit mit erhöhten Zahlen an Krankenhauseinweisungen aufgrund von Herzinsuffizienz (58). Auch in Ostbayern fand sich anhand der vorliegenden Studie ein Zusammenhang zwischen Herzinsuffizienz und der untersuchten Temperatur, jedoch für alle untersuchten Temperaturparameter nur in der warmen Jahreshälfte. Dennoch wurde auch in der vorliegenden Regensburger Studie ein Zusammenhang mit niedrigen Temperaturen im Vorfeld des Ereignisses aufgezeigt, jedoch gefolgt von erhöhten Temperaturen zu Symptomeintritt. Allerdings wurde nicht die Tagesdurchschnittstemperatur, sondern die Temperatur zu den untersuchenden Zeitpunkten sowie den Referenzzeitpunkten aufgenommen. Außerdem untersuchte die hier vorliegende Promotionsarbeit nicht nur einen Zusammenhang mit der Außentemperatur, sondern auch mit der mittleren Strahlungs- und der gefühlten Temperatur. Besonders hervorzuheben ist hierbei die Variable gefühlte Temperatur, da sich mittels dieser Variable nicht nur die anderen Temperatur-, sondern auch viele weitere Wetterparameter darstellen lassen (siehe 4.3).

Bezüglich der Windgeschwindigkeit der hier vorliegenden Regensburger Daten konnte in der warmen Jahreshälfte kein Zusammenhang hergestellt werden, in der kalten nur ein sehr geringer. Die Luftfeuchtigkeit wurde in der vorliegenden Promotionsarbeit zwar nicht untersucht, jedoch der Dampfdruck. Hier zeigte sich aber eine Assoziation ausschließlich mit im Verhältnis zu den Referenzzeitpunkten hohen Dampfdruckwerten in der warmen Jahreshälfte, was sich nicht ganz mit den Ergebnissen von Goggins et al. deckt, da hier ein Zusammenhang mit hoher und niedriger Luftfeuchtigkeit gefunden wurde (58).

Im Vergleich mit diesen drei Studien zeigen sich Übereinstimmungen dahingehend, dass Korrelationen mit einem gehäuftem Auftreten von akuter Herzinsuffizienz und verschiedenen Wetterparametern untersucht und zum Teil auch belegt wurden. Dies

trifft besonders auf die Außentemperatur zu, welche in den vorliegenden Daten aus Ostbayern allerdings nur in der warmen Jahreshälfte einen signifikanten Einfluss aufweist. Auch konnte eine Assoziation in der vorliegenden Regensburger Studie in der warmen Jahreshälfte mit zunächst kalten und zu Symptomeintritt warmen Temperaturen aufgezeigt werden. Dies lässt auf eine dynamische Veränderung im Sinne einer Temperatursteigerung schließen, welche jedoch Methodik-bedingt nicht darstellbar ist. Die Studie von Qiu et al. fand zwar auch einen Zusammenhang mit dynamischen Veränderungen, und zwar mit größeren Temperaturschwankungen innerhalb eines Tages, der Zusammenhang war aber in der kalten Jahreshälfte stärker ausgeprägt. Aufgrund unterschiedlicher Auswertungen kann diesbezüglich außerdem kein direkter Vergleich erfolgen (56). Die Studien von Das et al. und Goggins et al. dagegen fanden keinen Hinweis auf einen Zusammenhang mit dynamischen Veränderungen der Temperatur (57, 58).

Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass geographische Unterschiede verantwortlich für unterschiedliche Ergebnisse sein könnten. Während die Studien von Qiu et al. und Goggins et al. auf einem anderen Kontinent durchgeführt wurden, da beide Studien aus China stammen (56, 58), kann die Studie von Das et al. aufgrund des angewandten Datenpools aus unterschiedlichsten Ländern nicht zum geographischen Vergleich herangezogen werden (57).

Des Weiteren weisen die Studien deutliche Unterschiede in der angewandten Methodik auf. Zum einen wird nur in der hier vorliegenden Regensburger Studie eine strikte örtliche Begrenzung bei der Auswahl des Patientenkollektivs festgelegt, zum anderen wird ebenfalls nur hier eine Auswertung in Jahreshälften unterteilt durchgeführt. Dies erschwert einen direkten Vergleich der Studien untereinander sehr. Abschließend muss herausgestellt werden, dass die hier vorliegende Studie aus Ostbayern die erste Studie nicht nur in Deutschland, sondern auch in Europa ist, die einen Einfluss von Wetterparametern auf das Auftreten von akuter kardialer Dekompensation untersucht hat.

4.2.3 Hypertensive Entgleisung

Auch für das Auftreten von hypertensiven Notfällen zeigten mehrere Studien eine Häufung in den kalten Monaten auf (37, 59, 60), was sich größtenteils auch in den Ergebnissen dieser Arbeit widerspiegelt. Die höchsten Fallzahlen von hypertensiver

Entgleisung in Ostbayern wurden anhand der Regensburger Daten im Winter aufgenommen, gefolgt von Frühling. Die wenigsten Krankenhauseinweisungen aufgrund von hypertensiver Entgleisung erfolgten im Sommer. Auf Monate bezogen erschienen so die meisten Patienten aufgrund von hypertensiver Entgleisung im Januar, die wenigsten in den Monaten September und April.

Dies deckt sich mit einer chinesischen Studie von Zhang et al. aus dem Jahr 2009, welche neben anderen kardiovaskulären Erkrankungen auch saisonale Schwankungen im Auftreten von hypertensiver Krisen untersuchte und ebenso im Winter die höchsten und Frühling die zweihöchsten Zahlen verzeichnete (37). Außerdem ist diese Studie die einzige neben der hier vorliegenden Arbeit, die das Auftreten von hypertensiven Notfällen in Abhängigkeit von Wetterparametern untersucht hat. So wurde hier eine Korrelation zwischen gehäuftem Auftreten von hypertensiver Krise und der monatlichen Durchschnittstemperatur hergestellt (37).

In der vorliegenden Promotionsarbeit konnte allerdings ein Zusammenhang mit den untersuchten Temperaturvariablen nicht bestätigt werden. Allerdings erfolgte die Auswertung bei Zhang et al. nicht wie in der Regensburger Studie über eine Aufteilung in warme und kalte Jahreshälfte. Auch eine Eingrenzung des Wettergebietes erfolgte nicht (37), was einen Vergleich der beiden Studien untereinander erschwert.

Eine amerikanische Studie von Deshmukh et. al. über die saisonale Verteilung von hypertensiven Notfällen mit über 400.000 Patienten von 2000 bis 2007 fand eine Prävalenz für das Auftreten von hypertensiver Krise in den Wintermonaten (59). Neben der deutlich höheren Patientenzahl ist in dieser Studie aber auch die Generierung der Patientenfälle über eine nationale Datenbank zu nennen (59), ein deutlich anderer Ansatz als die enge geographische Abgrenzung in der hier vorliegenden Regensburger Studie.

Die einzige weitere europäische Studie stammt aus Italien und erforscht die saisonalen und monatlichen Abweichungen im Auftreten von hypertensiven Notfällen und zeigt ebenso eine Häufung des Auftretens in den Wintermonaten auf (60).

Außer der vorliegenden Studie aus Ostbayern und der chinesischen Studie von Zhang et al. 2009 gibt es keine weitere Studie, die eine Assoziation zwischen dem Auftreten von hypertensiver Entgleisung und Wetterparametern untersucht.

In der hier vorliegenden Promotionsarbeit wurde eine Assoziation mit einer Wettervariable gefunden, und zwar dem Dampfdruck. Insbesondere konnte ein starker

Zusammenhang mit dem Auftreten von hypertensiver Entgleisung und im Verhältnis zu den Referenzzeitpunkten erniedrigten Dampfdruckwerten kurz vor und zu Symptomeintritt in der kalten Jahreshälfte hergestellt werden. Außerdem zeigte sich eine leichte Assoziation mit erhöhten Dampfdruckwerten 48 bis 12 Stunden vor Symptomeintritt in der warmen Jahreshälfte, diese war jedoch deutlich geringer ausgeprägt.

Die hier vorliegende Studie ist somit die erste Studie, die einen Zusammenhang zwischen einem gehäuften Auftreten von hypertensiver Entgleisung und einem vorhergehenden niedrigen Dampfdruck aufzeigt. Außerdem ist sie bisher die einzige deutsche Studie, die einen Einfluss von Wetterparametern auf das Auftreten von hypertensiver Entgleisung untersucht hat.

4.3 Bedeutung der Variable „gefühlte Temperatur“

Die gemessene Lufttemperatur entspricht nicht zwangsläufig der vom menschlichen Körper empfunden Temperatur. So kann etwa bei starkem Wind auch eine relativ hohe Lufttemperatur als kalt empfunden werden oder starke Sonneneinstrahlung die Empfindung von niedrigen Lufttemperaturen abschwächen. Auch eine erhöhte Luftfeuchte oder eine hohe atmosphärische Strahlung führt dazu, dass der Mensch die Lufttemperatur wärmer als gemessen empfindet (62, 63).

Die Lufttemperatur wird tatsächlich nur dann ebenso empfunden wie gemessen, wenn der Mensch sich bei mäßiger Betätigung und mittlerer Luftfeuchte im windstillen, schattigen Außenbereich aufhält und der Temperatur angemessene Kleidung trägt (63).

Um eine Aussage über die thermische Empfindung der jeweiligen Wetterlage treffen zu können gibt der Deutsche Wetterdienst (DWD) die abgeleitete Größe „gefühlte Temperatur“ an. Diese wird anhand des Klima-Michel-Modells berechnet, welches das subjektive durchschnittliche Wärmeempfinden eines Modellmenschen angibt. Berücksichtigt werden sowohl der innere Wärmehaushalt des Menschen als auch die kühlende Wirkung der Verdunstung von Schweiß auf der Haut, das Tragen von angemessener Kleidung sowie leichte Aktivitäten wie Laufen und Gehen (63, 64 (S.494-497)). Die gefühlte Temperatur ist somit als die Lufttemperatur einer fiktiven Umgebung definiert, in der die thermische Empfindung dieselbe wäre wie in der

tatsächlichen Umgebung (32).

Als für den Menschen behaglich wird eine Temperatur zwischen 0°C und 20°C definiert, höhere oder niedrige Temperaturen können zu Wärmebelastung beziehungsweise Kältestress führen (62). Da eine Schwellenwertüberschreitung besonders für alte, kranke oder schwache Menschen gesundheitsgefährdend werden kann, gibt der Deutsche Wetterdienst gefühlte Temperaturwerte in Bezug auf eine mögliche gesundheitliche Gefährdung an: eine hohe Gesundheitsgefährdung beginnt so laut DWD bei 32°C und höher beziehungsweise -39°C und niedriger (65) .

In Bezug auf die vorliegende Arbeit ist die gefühlte Temperatur aufgrund dessen besonders hervorzuheben, da viele gemessenen Variablen einen Einfluss auf die Ableitung der gefühlten Temperatur haben: Eine weniger starke Wolkenbedeckung führt zu einer vermehrten Sonneneinstrahlung und damit zu einer erhöhten Wärmeempfindung, ebenso eine erhöhte Luftfeuchtigkeit oder eine erhöhte atmosphärische Strahlung. Je höher die Windgeschwindigkeit, desto kälter wird die Temperatur empfunden. Diese Relationen gelten selbstverständlich auch in die jeweils entgegengesetzte Richtung, etwa eine höhere Wärmempfindung bei niedrigerer Windgeschwindigkeit (62).

Besonders das Ergebnis für Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte zeigt einen deutlichen Zusammenhang der signifikanten Variablen: Die gefühlte Temperatur ist zu Zeitpunkt 0 mit -1,6°C deutlich kälter als die Lufttemperatur zu diesem Zeitpunkt, welche 2,5°C beträgt. Auch von 48 bis 6 Stunden vor Symptomeintritt liegt die gefühlte Temperatur jeweils unterhalb der absoluten Lufttemperatur. Zudem liegt der Dampfdruck 24 Stunden vor Symptomeintritt sowie zu Zeitpunkt 0 niedriger als zu den Zeitpunkten zuvor, was zu einer erniedrigten thermischen Empfindung führt. Entsprechend zeigt sich eine Korrelation der gefühlten Temperatur mit einem erhöhten Auftreten von Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte mit niedrigen Temperaturen bis zu zwei Tage vor und zu Symptomeintritt.

In der warmen Jahreshälfte ist das Ergebnis für Vorhofflimmern bezüglich der gefühlten Temperatur in Zusammenschau mit den anderen Variablen etwas weniger stark ausgeprägt. Bis zu zwei Tage vor und zu Symptomeintritt ist die gefühlte Temperatur signifikant höher als zu den Referenzzeitpunkten. Für den Bewölkungsgrad zeigt sich zwar nur ein geringer Zusammenhang, jedoch liegt dieser 24 und 12 Stunden vor, sowie zum Zeitpunkt des Ereignisses niedriger zu den

vorhergehenden Zeitpunkten. Zusätzlich ist der Dampfdruck 6 Stunden vor und zu Symptomeintritt erhöht. Beides führt zu einer wärmeren thermischen Empfindung, die sich im Zusammenhang der signifikant erhöhten gefühlten Temperaturen in der warmen Jahreshälfte mit einem vermehrten Auftreten von Vorhofflimmern widerspiegelt.

Für das Ergebnis für kardiale Dekompensation in der warmen Jahreshälfte lässt sich zum Teil ein Zusammenhang der gefühlten Temperatur mit den anderen Wettervariablen darstellen. Die Lufttemperatur ist zu allen gemessenen Zeitpunkten niedriger als die gefühlte Temperatur. Ebenso liegt die mittlere Strahlungstemperatur zu allen Zeitpunkten bis auf 12 Stunden vor Ereignis niedriger als die gefühlte. Dies spiegelt sich insofern in der gefühlten Temperatur wider, da ein Zusammenhang im Vorfeld des Ereignisses mit niedrigen Temperaturen gezeigt wurde. Zum Zeitpunkt des Ereignisses besteht allerdings ein Zusammenhang mit erhöhten gefühlten Temperaturwerten. Wenngleich für den Bewölkungsgrad selbst kein Zusammenhang festgestellt wurde, so liegt dieser kurz vor und zu Symptomeintritt deutlich niedriger als zu den Zeitpunkten zuvor, was zu einer erhöhten thermischen Empfindung führen könnte.

Insgesamt muss aber betont werden, dass der Zusammenhang in den Ergebnissen für Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte mit Abstand am deutlichsten ausgeprägt und erkennbar ist.

4.4 Physiologische Zusammenhänge zwischen dem menschlichen Körper und der Umwelt und weiterführende Überlegungen in diesem Kontext

Der Einfluss einzelner Umweltfaktoren auf den menschlichen Körper ist noch nicht gut genug im Detail erforscht, um bereits belegbare, exakte Kausalketten für das Entstehen der in dieser Arbeit untersuchten Krankheiten vorweisen zu können.

Allerdings gibt es einige Studien, die sich bereits mit Zusammenhängen zwischen der Physiologie des menschlichen Körpers und der Umwelt auseinandergesetzt haben. Insbesondere der Einfluss der Außentemperatur ist vergleichbar gut erforscht.

So zeigten Izzo et al. 1990 auf, dass eine durch Kälte hervorgerufene Vasokonstriktion zu einer erhöhten Aktivität des sympathischen Nervensystems und damit durch Erhöhung des peripheren Arterienwiderstands zu einem verminderten Herzzeitvolumen führt (66). Entsprechend beschrieben Neill et al. bereits 1974, dass

ein Abfall der Hautoberflächentemperatur zu einer Erhöhung des systemischen arteriellen und linksventrikulären enddiastolischen Blutdrucks führen kann (67). Dies kann schlussendlich über erhöhten linksarteriellen Druck zu einer Destabilisierung des Vorhofs führen (42). Diese Abfolgen könnten eine physiologische Erklärung für ein erhöhtes Auftreten von Vorhofflimmern im Winter sein.

Daneben wären durch die beschriebenen Vorgänge auch die Begünstigung oder Exazerbation anderer kardialer Erkrankungen wie einer Herzinsuffizienz durch Überlastung eines bereits vorgeschädigten Herzens denkbar.

In Bezug auf die hier vorliegenden Regensburger Daten könnte diesbezüglich insbesondere im Vergleich mit den Ergebnissen zu Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte ein Zusammenhang bestehen, da eine Assoziation zwischen einem gehäuftem Auftreten von Vorhofflimmern in der kalten Jahreshälfte für alle Temperaturvariablen jeweils mit kalten Temperaturen gezeigt werden konnte. In der warmen Jahreshälfte weisen die Ergebnisse der Temperaturvariablen in Bezug auf Vorhofflimmern aber auf einen anderen Wirkmechanismus hin.

Dies gilt auch für die Ergebnisse der hier vorliegenden Promotionsarbeit bezüglich kardialer Dekompensation, da in der kalten Jahreshälfte kein signifikanter Zusammenhang und in der warmen Jahreshälfte eine Assoziation mit zunächst niedrigen und zu Symptomeintritt hin hohen Luft- und gefühlten Temperaturen hergestellt werden konnte.

Doch nicht nur bezüglich kalter, auch bezüglich warmer Temperaturen gibt es bereits Studien, die einen Einfluss der Temperatur auf den menschlichen Körper untersuchten. So sei auf hitzebedingte Schwächeanfälle und Dehydrierungen hingewiesen, welche durch den veränderten Wasserhaushalts des Körpers Veränderungen des Herzzeitvolumens und des Blutdrucks nach sich ziehen können (24–26).

Eine mögliche Begründung für einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von akuter kardialer Dekompensation und der Temperatur in der warmen Jahreshälfte könnte sich daher in einer erhöhten Flüssigkeitszufuhr bei wärmerem Wetter finden. Es wäre denkbar, dass dadurch die Entstehung einer kardialen Dekompensation begünstigt sein könnte. Dies wird dahingehend bekräftigt, dass in der warmen Jahreshälfte bezüglich aller verwendeten Temperaturvariablen ein Zusammenhang mit zum Symptomeintritt hin hohen Temperaturen aufgezeigt werden konnte.

Da in dieser Arbeit keine Korrelation zwischen einem gehäuftem Auftreten von hypertensiver Entgleisung und den angewandten Temperaturvariablen gefunden wurde, ist ein Vergleich mit dem beschriebenen Mechanismus dementsprechend hinfällig.

Doch auch ein Zusammenhang zwischen anderen Parametern und der Physiologie des menschlichen Körpers darf nicht außer Acht gelassen werden. Diesbezüglich liegen jedoch noch sehr wenig Forschungsergebnisse vor, was Raum für weiterführende Spekulationen offenlässt.

Beispielsweise zeigten Israelsson et al. 2001 eine erhöhte Luftladungsdichte sowie eine erhöhte Intensität des atmosphärischen Elektrizitätsfeldes bei erhöhter Windgeschwindigkeit (68). Kolesnik et al. fanden außerdem einen Zusammenhang zwischen magnetischen Feldern und der Windgeschwindigkeit, der relativen Luftfeuchte und des Luftdrucks (69).

Veränderung einzelner Wetterparameter könnten also nicht nur direkten, sondern auch indirekten Einfluss auf den menschlichen Körper und somit auf die Entstehung oder Exazerbation von Erkrankungen nehmen. Um tiefergehende und weiterführende Zusammenhänge zwischen Erkrankungen und den durch die Umwelt verursachten Veränderungen im menschlichen Körper darlegen zu können ist eine weitere Erforschung dieses Themengebietes wünschenswert.

4.5 Limitationen dieser Studie

Als große Limitation dieser Studie ist zu nennen, dass es sich um eine retrospektive Analyse handelt. Die Aufnahme der Patienten in die Studie erfolgte mittels der nach der Krankenhauseinlieferung erstellten Arztbriefe. Damit besteht eine direkte Abhängigkeit von der Richtigkeit der aufgeführten Diagnosen. Fehler beziehungsweise falsche Angaben im Arztbrief können nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Des Weiteren ist die kurze Laufzeit von einem Jahr als Limitation der Studie anzugeben. Besonders im Vergleich der monatlichen Fallzahlen ist die Aussagekraft als deutlich geringer anzusehen, als wenn Patientenfälle über mehrere Jahre hinweg vorliegen würden. Fallzahlen sind sowohl in jedem Monat als auch für jede Jahreszeit somit nur einmal vorhanden, etwaige Abweichungen in den Jahren zuvor und danach sind hierdurch nicht berücksichtigt.

Auch die geringe Fallzahl von 80 Patienten mit Vorhofflimmern ist bezüglich dieses Krankheitsbildes sicherlich verbesserungsfähig. Bei hypertensiver Entgleisung und kardialer Dekompensation liegen mit über 225 und 294 Patientenfällen zwar deutlich mehr Fälle vor, jedoch wäre auch hier eine noch höhere Patientenzahl wünschenswert, um ein präziseres Ergebnis zu erhalten.

Diesbezüglich darf auch nicht vergessen werden, dass gerade Patienten mit hypertensiver Entgleisung, aber auch mit Vorhofflimmern oder kardialer Dekompensation in Langzeitbehandlung eventuell nicht in der Notaufnahme erfasst wurden, da eine Behandlung durch den Hausarzt beziehungsweise niedergelassenen Internisten stattgefunden hat. Je größer die Fallzahl der Studie, desto geringer ist der Einfluss solcher nicht berücksichtigter Störfaktoren.

Des Weiteren ist die unterschiedliche Exposition des einzelnen Patienten an die Wetterlage als Limitation zu nennen. Obwohl durch die Festlegung des Wettergebietes durch den deutschen Wetterdienst ein Gebiet mit denselben Wetterbedingungen eingegrenzt wurde, um zu gewährleisten, dass sich alle Patienten der Studie demselben Wetter ausgesetzt sahen, können individuelle Unterschiede nicht gänzlich ausgeschlossen werden. So könnte die Wetterbedingung, der der einzelne Patient ausgesetzt war, etwa durch das lange Aufhalten in klimatisierten Räumen beeinflusst worden sein. Dies würde besonders die Temperaturvariablen beeinflussen. Aber auch die Exposition zum Beispiel der Windgeschwindigkeit kann bei ständigem Aufenthalt in geschlossenen Räumen verändert sein, wie es etwa bei alten, immobilen Patienten häufig der Fall sein kann.

Um derartige Störfaktoren zu begrenzen respektive auszuschalten wäre allerdings ein Daueraufenthalt aller untersuchten Patienten am selben Ort nötig, was selbstverständlich nicht mit einer retrospektiven Studie vereinbar ist.

4.6 Aussicht

Die Ergebnisse der hier vorliegenden Promotionsarbeit lassen den Schluss zu, dass meteorologische Veränderungen Triggerfaktoren für die untersuchten Erkrankungen sein könnten.

Obwohl die bereits erlangten Ergebnisse sowohl hier in dieser Studie als auch teilweise in der Literatur auf eine Wechselwirkung des Wetters mit der Häufung beziehungsweise Exazerbation der untersuchten Erkrankungen schließen lassen,

reichen die bisher erlangten Ergebnisse noch nicht aus, um in der Praxis Anwendung zu finden. Es wäre sicherlich sinnvoll, in Zukunft weitere Studien zu diesem Thema durchzuführen, und zwar sowohl in Bezug auf die einzelnen Wettervariablen als auch auf die saisonale Rhythmik der einzelnen Krankheitsbilder.

Da auch geographische Unterschiede innerhalb einzelner, in unterschiedlichen Ländern und Kontinenten durchgeführten Studien keinesfalls außer Acht gelassen werden sollten, wäre es wichtig, in Zukunft Untersuchungen in Gebieten mit ähnlichen Wetterverhältnissen durchzuführen, um lokale Unterschiede - etwa in Ländern anderer Klimazonen - als Beeinflussung der Studienergebnisse auszuschließen.

Dies ist dahingehend besonders zu beachten, wenn man sich vor Augen führt, dass selbst innerhalb eines Landes oder einer Region stark ausgeprägte Unterschiede bezüglich der Wetterlage auftreten können, was beim Vergleich von Studienergebnissen unbedingt in Betracht gezogen werden muss.

Weitere Untersuchungen könnten durch tiefergehende Klärung des Sachverhalts dazu dienen, dass in Zukunft vorbeugende Maßnahmen ergriffen werden können, indem in den Notaufnahmen eine Sensibilisierung und Vorbereitung zu Zeiten höherer Gefährdung erfolgen kann sowie Patienten geschult werden könnten, bei besonderen Wetterlagen entsprechende Vorkehrungen zu treffen.

5. Zusammenfassung

Diese Arbeit befasst sich mit meteorologischen Parametern und dem Auftreten der internistischen Erkrankungen **Vorhofflimmern**, **akuter kardialer Dekompensation** und **hypertensiver Entgleisung** in Ostbayern. Ziel war es zu untersuchen, ob eine Veränderung von diversen Wetterparametern zu einem vermehrten Auftreten der jeweiligen Erkrankung führt.

Es handelt sich um die erste deutsche Studie, die eine Assoziation zwischen einem gehäuften Auftreten der untersuchten Krankheiten und verschiedenen Wetterparametern untersucht hat. Eine saisonale Häufung dieser Erkrankungen wurde dagegen bereits von mehreren Studien in anderen Ländern beziehungsweise auf anderen Kontinenten untersucht.

Da über das untersuchte Jahr hinweg die höchsten Patientenzahlen aller drei Krankheitsbilder jeweils im Winter verzeichnet wurden, spiegelt sich in der jahreszeitlichen Verteilung eine saisonale Rhythmik wieder, wie sie auch von verschiedenen anderen Studien in anderen Ländern oder teilweise auch auf anderen Kontinenten festgestellt wurde.

Bezüglich der statistischen Auswertung konnten für alle drei Krankheitsbilder signifikante Assoziationen zwischen einem gehäuften Auftreten und verschiedenen Wetterparametern aufgezeigt werden. Häufig lagen die signifikanten Werte nahe am Zeitpunkt des Auftretens der Erkrankung sowie zu Symptomeintritt, was auf eine relativ kurzfristige Beeinflussung durch das Wetter beziehungsweise auf eine Beeinflussung durch kurz vorhergehende Veränderungen der Wetterbedingungen schließen lässt.

Alle untersuchten Wettervariablen außer Windgeschwindigkeit und Luftdruck zeigten signifikanten Einfluss auf das Auftreten von **Vorhofflimmern** in beiden Jahreshälften. Besonders hervorzuheben sind die starken Assoziationen zwischen dem Auftreten von Vorhofflimmern und einer Veränderung des Dampfdrucks sowie der drei untersuchten Temperaturvariablen Lufttemperatur, mittlere Strahlungstemperatur und gefühlte Temperatur.

In Bezug auf das Auftreten von **kardialer Dekompensation** lässt sich für alle signifikanten Wettervariablen eine Assoziation jeweils ausschließlich in einer Jahreshälfte finden. Es zeigten sich signifikante Zusammenhänge mit allen Wettervariablen außer dem Bewölkungsgrad. Die Assoziation mit der Windgeschwindigkeit erwies sich aber als sehr gering. Ein starker Zusammenhang konnte insbesondere zwischen erhöhten Luftdruckwerten kurz vor Symptomeintritt und einem vermehrten Auftreten von kardialer Dekompensation in der kalten Jahreshälfte hergestellt werden.

Eine starke Assoziation von vermehrtem Auftreten von **hypertensiver Entgleisung** konnte mit niedrigen Dampfdruckwerten in der kalten Jahreshälfte nachgewiesen werden, außerdem ein weniger stark ausgeprägter Zusammenhang mit erhöhten Dampfdruckwerten in der warmen Jahreshälfte. Für alle anderen Wetterparameter zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang.

Die Ergebnisse der Regensburger Studie spiegeln sich zum Teil auch in den Ergebnissen anderer Studien auf diesem Gebiet wieder, insbesondere der Zusammenhang mit gehäuften Notaufnahmeverstellungen aufgrund von Vorhofflimmern mit niedrigen Außentemperaturen, auch wenn das Auftreten von Vorhofflimmern in Ostbayern anhand der hier vorliegenden Regensburger Daten ausschließlich in der kalten Jahreshälfte mit niedrigen Temperaturwerten assoziiert war.

Allerdings sind beim Vergleich mit anderen Studien unterschiedliche Auswirkungen innerhalb verschiedener Länder, Kontinente und Klimazonen keinesfalls außer Acht zu lassen, weshalb sich ein direkter Vergleich der einzelnen Studien untereinander aufgrund unterschiedlicher Wetterlagen als schwierig gestaltet.

Die hier vorliegende Regensburger Studie ist nicht nur die erste in Deutschland, die einen Zusammenhang von Wetterparametern und dem Auftreten von Vorhofflimmern, kardialer Dekompensation und hypertensiver Entgleisung untersucht, auch die Menge der verschiedenen untersuchten Wettervariablen, die Eingrenzung des Gebietes mithilfe des Deutschen Wetterdienstes und die in Jahreshälften unterteilte Auswertung finden sich in dieser Form bisher in keiner anderen Studie.

Hervorzuheben ist außerdem die Verwendung der Variable gefühlte Temperatur, welche bisher nur in wenigen Studien angewendet wurde. Mit der gefühlten Temperatur wird der Einfluss der Umwelt auf den menschlichen Körper berücksichtigt, da sich in ihr nicht nur andere Temperatur-, sondern auch diverse weitere Wetterparameter spiegeln. Besonders das Ergebnis für Vorhofflimmern und gefühlte Temperatur in der kalten Jahreshälfte weist einen deutlichen Zusammenhang der signifikanten Variablen untereinander auf und unterstreicht die Bedeutung dieses Parameters.

Die Ergebnisse dieser Studie führen zu dem Schluss, dass verschiedene Wetterbedingungen das Auftreten der untersuchten Krankheitsbilder beeinflussen können, wenn auch unterschiedlich stark und in unterschiedlicher Weise.

Weiterführende Untersuchungen wären sicherlich sinnvoll, um diesen Sachverhalt näher zu beleuchten, um gegebenenfalls in Zukunft Vorbereitungen beziehungsweise Gegenmaßnahmen in Zeiten höherer Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der jeweiligen Erkrankung ergreifen zu können sowie Patienten dementsprechend schulen zu können.

6. Literaturverzeichnis

1. <https://www.duden.de/suchen/dudenonline/wetterfuehlig>.
2. <http://www.friedrich-schiller-archiv.de/briefwechsel-von-schiller-und-goethe/1798/409-an-schiller-24-januar-1798/>. <http://www.friedrich-schiller-archiv.de/briefwechsel-von-schiller-und-goethe/1798/409-an-schiller-24-januar-1798/>.
3. <http://www.friedrich-schiller-archiv.de/briefwechsel-von-schiller-und-goethe/1803/909-an-goethe-undatiert-1803/>. <http://www.friedrich-schiller-archiv.de/briefwechsel-von-schiller-und-goethe/1803/909-an-goethe-undatiert-1803/>.
4. <http://www.friedrich-schiller-archiv.de/briefwechsel-von-schiller-und-goethe/1805/991-an-goethe-27-maerz-1805/>. <http://www.friedrich-schiller-archiv.de/briefwechsel-von-schiller-und-goethe/1805/991-an-goethe-27-maerz-1805/>.
5. Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, Ahlsson A, Atar D, Casadei B et al. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. Eur Heart J 2016; 37(38):2893–962.
6. Kasper DL, Fauci AS, Harrison TR. Harrisons Innere Medizin. 19. Auflage. New York, NY, Berlin, Stuttgart: McGraw-Hill Education; ABW Wissenschaftsverlag; Thieme; 2016.
7. Wolf PA, Abbott RD, Kannel WB. Atrial fibrillation as an independent risk factor for stroke: the Framingham Study. Stroke 1991; 22(8):983–8.
8. Herold G, editor. Innere Medizin 2016. Köln: Selbstverlag; 2016.
9. Lip GYH, Apostolakis S. Atrial fibrillation (acute onset). BMJ Clin Evid 2011; 2011.
10. Greten H, Rinninger F, Greten TF, Amling M, editors. Innere Medizin. 13., vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2010.
11. Netter FH, Tönjes S, Braun B, editors. Netters innere Medizin. 2., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014.
12. Allen LA, O'Connor CM. Management of acute decompensated heart failure. CMAJ 2007; 176(6):797–805.
13. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. Eur Heart J 2016; 37(27):2129–200.
14. Kaltenbach M. Kardiologie kompakt. Heidelberg, s.l.: Steinkopff; 2000.
15. Varon J, Marik PE. Clinical review: the management of hypertensive crises. Crit Care 2003; 7(5):374–84.
16. Cherney D, Straus S. Management of patients with hypertensive urgencies and emergencies. J Gen Intern Med 2002; 17(12):937–45.

17. Mancia G, Fagard R, Narkiewicz K, Redon J, Zanchetti A, Böhm M et al. 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2013; 34(28):2159–219.
18. Salkic S, Batic-Mujanovic O, Ljuca F, Brkic S. Clinical presentation of hypertensive crises in emergency medical services. *Mater Sociomed* 2014; 26(1):12–6.
19. Aronow WS. Treatment of hypertensive emergencies. *Ann Transl Med* 2017; 5(Suppl 1):S5.
20. Aghababian RV, editor. Emergency management of cardiovascular disease. Boston: Butterworth-Heinemann; 1994.
21. Arbe G, Pastor I, Franco J. Aproximación diagnóstica y terapéutica de las crisis hipertensivas. *Med Clin (Barc)* 2017.
22. Erdmann E. Klinische Kardiologie: Krankheiten des Herzens, des Kreislaufs und der herznahen Gefäße. 7., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009.
23. Steffel J, Lüscher T, editors. Herz-Kreislauf. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014.
24. Cheshire WP. Thermoregulatory disorders and illness related to heat and cold stress. *Auton Neurosci* 2016; 196:91–104.
25. Tripp BL, Eberman LE, Smith MS. Exertional Heat Illnesses and Environmental Conditions During High School Football Practices. *Am J Sports Med* 2015; 43(10):2490–5.
26. Mutic AD, Mix JM, Elon L, Mutic NJ, Economos J, Flocks J et al. Classification of Heat-Related Illness Symptoms Among Florida Farmworkers. *J Nurs Scholarsh* 2017.
27. Liljequist GH, Cehak K. Allgemeine Meteorologie. 2., verbesserte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag; 1979.
28. Heyer E. Witterung und Klima: Eine allgemeine Klimatologie. 9. Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag; 1993.
29. Malberg H. Meteorologie und Klimatologie: Eine Einführung. Zweite überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg; 1994.
30. Liljequist GH, Cehak K. Allgemeine Meteorologie. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag; 1974.
31. Zürcher C, Frank T. Bauphysik. 2., durchges. u. akt. Aufl. Zürich: vdf Hochsch.-Verl. an der ETH Zürich; 2004. (Bau und EnergieLeitfaden für Planung und Praxis / Hrsg.: Christoph Zürcher ; Bd. 2).
32. Staiger H, Laschewski G, Grätz A. The perceived temperature - a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. *Int J Biometeorol* 2012; 56(1):165–76.
33. Baker-Blocker A. Winter weather and cardiovascular mortality in Minneapolis-St. Paul. *Am J Public Health* 1982; 72(3):261–5.

34. Auliciems A, Frost D. Temperature and cardiovascular deaths in Montreal. *Int J Biometeorol* 1989; 33(3):151–6.
35. Bainton D, Moore F, Sweetnam P. Temperature and deaths from ischaemic heart disease. *Br J Prev Soc Med* 1977; 31(1):49–53.
36. Auliciems A, Skinner JL. Cardiovascular deaths and temperature in subtropical Brisbane. *Int J Biometeorol* 1989; 33(4):215–21.
37. Zhang X-w, Tan Z-j, Li Y-l, Wang B, Yu A, Zhang G-q. A study on yearly and daily circadian rhythm of cardiovascular events. *Zhonghua Nei Ke Za Zhi* 2009; 48(10):818–20.
38. Alexander P. Association of monthly frequencies of diverse diseases in the calls to the public emergency service of the city of Buenos Aires during 1999-2004 with meteorological variables and seasons. *Int J Biometeorol* 2013; 57(1):83–90.
39. Marchant B, Ranjadayalan K, Stevenson R, Wilkinson P, Timmis AD. Circadian and seasonal factors in the pathogenesis of acute myocardial infarction: the influence of environmental temperature. *Br Heart J* 1993; 69(5):385–7.
40. Kupari M, Koskinen P. Seasonal variation in occurrence of acute atrial fibrillation and relation to air temperature and sale of alcohol. *The American Journal of Cardiology* 1990; 66(20):1519–20.
41. Viskin S, Golovner M, Malov N, Fish R, Alroy I, Vila Y et al. Circadian variation of symptomatic paroxysmal atrial fibrillation. Data from almost 10 000 episodes. *Eur Heart J* 1999; 20(19):1429–34.
42. Frost L, Johnsen SP, Pedersen L, Husted S, Engholm G, Sørensen HT et al. Seasonal variation in hospital discharge diagnosis of atrial fibrillation: a population-based study. *Epidemiology* 2002; 13(2):211–5.
43. Yamashita T, Murakawa Y, Sezaki K, Inoue M, Hayami N, Shuzui Y et al. Circadian Variation of Paroxysmal Atrial Fibrillation. *Circulation* 1997; 96(5):1537–41.
44. Gluszek A, Kocoń S, Zuk K, Aljabali P, Gluza A, Siwek K. Episodes of atrial fibrillation and meteorological conditions. *Kardiol Pol* 2008; 66(9):958-63; discussion 964-5.
45. Nguyen JL, Link MS, Luttmann-Gibson H, Laden F, Schwartz J, Wessler BS et al. Drier air, lower temperatures, and triggering of paroxysmal atrial fibrillation. *Epidemiology* 2015; 26(3):374–80.
46. Häckel H. *Meteorologie. 8., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage.* Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer; 2016.
47. Vencloviene J, Babarskiene RM, Dobožinskas P, Dedele A, Lopatiene K, Ragaisyte N. The short-term associations of weather and air pollution with emergency ambulance calls for paroxysmal atrial fibrillation. *Environ Sci Pollut Res Int* 2017; 24(17):15031–43.
48. Parry EH, Davidson NM, Ladipo GO, Watkins H. Seasonal variation of cardiac failure in northern Nigeria. *Lancet* 1977; 1(8020):1023–5.
49. Díaz A, Ferrante D, Badra R, Morales I, Becerra A, Varini S et al. Seasonal variation and trends in heart failure morbidity and mortality in a South American community hospital. *Congest Heart Fail* 2007; 13(5):263–6.

50. Boulay F, Berthier F, Sisteron O, Gendreiike Y, Gibelin P. Seasonal variation in chronic heart failure hospitalizations and mortality in France. *Circulation* 1999; 100(3):280–6.
51. Stewart S, McIntyre K, Capewell S, McMurray JJV. Heart failure in a cold climate. Seasonal variation in heart failure-related morbidity and mortality. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39(5):760–6.
52. Gallerani M, Boari B, Manfredini F, Manfredini R. Seasonal variation in heart failure hospitalization. *Clin Cardiol* 2011; 34(6):389–94.
53. Akintoye E, Briasoulis A, Egbe A, Adegbala O, Alliu S, Sheikh M et al. Seasonal variation in hospitalization outcomes in patients admitted for heart failure in the United States. *Clin Cardiol* 2017.
54. Feldman DE, Platt R, Déry V, Kapetanakis C, Lamontagne D, Ducharme A et al. Seasonal congestive heart failure mortality and hospitalisation trends, Quebec 1990-1998. *J Epidemiol Community Health* 2004; 58(2):129–30.
55. Martínez-Sellés M, García Robles JA, Prieto L, Serrano JA, Muñoz R, Frades E et al. Annual rates of admission and seasonal variations in hospitalizations for heart failure. *Eur J Heart Fail* 2002; 4(6):779–86.
56. Qiu H, Yu IT-s, Tse LA, Tian L, Wang X, Wong TW. Is greater temperature change within a day associated with increased emergency hospital admissions for heart failure? *Circ Heart Fail* 2013; 6(5):930–5.
57. Das D, Bakal JA, Westerhout CM, Hernandez AF, O'Connor CM, Atar D et al. The association between meteorological events and acute heart failure: new insights from ASCEND-HF. *Int J Cardiol* 2014; 177(3):819–24.
58. Goggins WB, Chan EY. A study of the short-term associations between hospital admissions and mortality from heart failure and meteorological variables in Hong Kong: Weather and heart failure in Hong Kong. *Int J Cardiol* 2017; 228:537–42.
59. Deshmukh A, Pant S, Kumar G, Murugiah K, Mehta J. Seasonal variation in hypertensive emergency hospitalization. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2012; 14(4):269–70.
60. Marchesi C, Dentali F, Maresca AM, Gessi V, Manfredini R, Grandi AM. Seasonal and monthly variation in occurrence of hypertensive urgency. *Intern Emerg Med* 2013; 8(3):269–71.
61. Maclure M. The case-crossover design: a method for studying transient effects on the risk of acute events. *Am J Epidemiol* 1991; 133(2):144–53.
62. https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/G/Gefuehlte_Temperatur_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=4.
63. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html;jsessionid=6089D99717E05BC4E07552076CB730A2.live11043?nn=103346&lv2=100932&lv3=100988>
64. Hupfer P, Kuttler W, editors. *Witterung und Klima: Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie*. 11., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: Teubner; 2005.

- 65.** https://www.dwd.de/DE/leistungen/gefahrenindizes/thermisch/gefahrenindizes_thermisch.html
- 66.** Izzo JL, Larrabee PS, Sander E, Lillis LM. Hemodynamics of seasonal adaptation. *Am J Hypertens* 1990; 3(5 Pt 1):405–7.
- 67.** Neill WA, Duncan DA, Kloster F, Mahler DJ. Response of coronary circulation to cutaneous cold. *Am J Med* 1974; 56(4):471–6.
- 68.** Israelsson S, Tammet H. Variation of fair weather atmospheric electricity at Marsta Observatory, Sweden, 1993–1998. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 2001; 63(16):1693–703.
- 69.** Kolesnik SA, Pikalov MV, Solov'ev SA, Chukin VV. Physical principles of forecasting the characteristics of the ELF environmental electromagnetic background noise from the meteorological factors. *Russ Phys J* 2008; 51(9):980–5.

7. Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

1. Übersicht über die Entstehung der Studienfallzahl aus den im untersuchten Zeitraum in der Notaufnahme vorstelligen Patienten
2. Karte zur Darstellung des Wettereinzugsgebietes
3. Fall- und Kontrollperioden im Case-Crossover-Design, allgemeines Beispiel
4. Fall- und Kontrollperioden im Case-Cross-over-Design in dieser Studie
5. Verteilung der Fallzahlen zu Vorhofflimmern nach Monaten
6. Verteilung der Fallzahlen zu Vorhofflimmern nach Jahreszeiten
- 7a. Verteilung der Fallzahlen zu Vorhofflimmern nach Monaten; männliche Patienten
- 7b. Verteilung der Fallzahlen zu Vorhofflimmern nach Monaten; weibliche Patienten
- 8a. Verteilung der Fallzahlen zu Vorhofflimmern nach Jahreszeiten; männliche Patienten
- 8b. Verteilung der Fallzahlen zu Vorhofflimmern nach Jahreszeiten; weibliche Patienten
- 9a. Ergebnisse Vorhofflimmern/Dampfdruck Absolutwerte
- 9b. Ergebnisse Vorhofflimmern/Dampfdruck Tagesmittelwerte
10. Boxplotanalyse der Dampfdruckwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von Vorhofflimmern
- 11a: Ergebnisse Vorhofflimmern/Bewölkungsgrad Absolutwerte
- 11b. Ergebnisse Vorhofflimmern/Bewölkungsgrad Tagesmittelwerte
12. Boxplotanalyse der Bewölkungsgradwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von Vorhofflimmern
- 13a. Ergebnisse Vorhofflimmern/Lufttemperatur Absolutwerte
- 13b. Ergebnisse Vorhofflimmern/Lufttemperatur Tagesmittelwerte
14. Boxplotanalyse der Lufttemperaturwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von Vorhofflimmern

- 15a. Ergebnisse Vorhofflimmern/mittlere Strahlungstemperatur Absolutwerte
- 15b. Ergebnisse Vorhofflimmern/mittlere Strahlungstemperatur Tagesmittelwerte
- 16. Boxplotanalyse der mittleren Strahlungstemperaturwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle untersuchten Fälle von Vorhofflimmern
- 17a. Ergebnisse Vorhofflimmern/gefühlte Temperatur Absolutwerte
- 17b. Ergebnisse Vorhofflimmern/gefühlte Temperatur Tagesmittelwerte
- 18. Boxplotanalyse der gefühlten Temperaturwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von Vorhofflimmern
- 19. Verteilung der Fallzahlen zu kardialer Dekompensation nach Monaten
- 20. Verteilung der Fallzahlen zu kardialer Dekompensation nach Jahreszeiten
- 21a. Verteilung der Fallzahlen zu kardialer Dekompensation nach Monaten; männliche Patienten
- 21b. Verteilung der Fallzahlen zu kardialer Dekompensation nach Monaten; weibliche Patienten
- 22a. Verteilung der Fallzahlen zu kardialer Dekompensation nach Jahreszeiten; männliche Patienten
- 22b. Verteilung der Fallzahlen zu kardialer Dekompensation nach Jahreszeiten; weibliche Patienten
- 23a. Ergebnisse kardiale Dekompensation/Luftdruck Absolutwerte
- 23b. Ergebnisse kardiale Dekompensation/Luftdruck Tagesmittelwerte
- 24. Boxplotanalyse der Luftdruckwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von kardialer Dekompensation
- 25a. Ergebnisse kardiale Dekompensation/Dampfdruck Absolutwerte
- 25b. Ergebnisse kardiale Dekompensation/Dampfdruck Tagesmittelwerte
- 26. Boxplotanalyse der Dampfdruckwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von kardialer Dekompensation
- 27a. Ergebnisse kardiale Dekompensation/Windgeschwindigkeit Absolutwerte
- 27b. Ergebnisse kardiale Dekompensation/Windgeschwindigkeit Tagesmittelwerte

- 28. Boxplotanalyse der Windgeschwindigkeitswerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von kardialer Dekompensation
 - 29a. Ergebnisse kardiale Dekompensation/Lufttemperatur Absolutwerte
 - 29b. Ergebnisse kardiale Dekompensation/Lufttemperatur Tagesmittelwerte
- 30. Boxplotanalyse der Lufttemperaturwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von kardialer Dekompensation
 - 31a. Ergebnisse kardiale Dekompensation/mittlere Strahlungstemperatur Absolutwerte
 - 31b. Ergebnisse kardiale Dekompensation/mittlere Strahlungstemperatur Tagesmittelwerte
- 32. Boxplotanalyse der mittleren Strahlungstemperaturwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von kardialer Dekompensation
 - 33a. Ergebnisse kardiale Dekompensation/gefühlte Temperatur Absolutwerte
 - 33b. Ergebnisse kardiale Dekompensation/gefühlte Temperatur Tagesmittelwerte
- 34. Boxplotanalyse der gefühlten Temperaturwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von kardialer Dekompensation
- 35. Verteilung der Fallzahlen zu hypertensiver Entgleisung nach Monaten
- 36. Verteilung der Fallzahlen zu hypertensiver Entgleisung nach Jahreszeiten
 - 37a. Verteilung der Fallzahlen zu hypertensiver Entgleisung nach Monaten; männliche Patienten
 - 37b. Verteilung der Fallzahlen zu hypertensiver Entgleisung nach Monaten; weibliche Patienten
- 38a. Verteilung der Fallzahlen zu hypertensiver Entgleisung nach Jahreszeiten; männliche Patienten
- 38b. Verteilung der Fallzahlen zu hypertensiver Entgleisung nach Jahreszeiten; weibliche Patienten
- 39a. Ergebnisse hypertensive Entgleisung/Dampfdruck Absolutwerte
- 39b. Ergebnisse hypertensive Entgleisung/Dampfdruck Tagesmittelwerte

- 40. Boxplotanalyse der Dampfdruckwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von hypertensiver Entgleisung
 - 41a. Ergebnisse hypertensive Entgleisung/Lufttemperatur Absolutwerte
 - 41b. Ergebnisse hypertensive Entgleisung/Lufttemperatur Tagesmittelwerte
- 42. Boxplotanalyse der Lufttemperaturwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von hypertensiver Entgleisung
 - 43a. Ergebnisse hypertensive Entgleisung/gefühlte Temperatur Absolutwerte
 - 43b. Ergebnisse hypertensive Entgleisung/gefühlte Temperatur Tagesmittelwerte
- 44. Boxplotanalyse der gefühlten Temperaturwerte im zeitlichen Verlauf bezogen auf alle Fälle von hypertensiver Entgleisung

7.2 Tabellenverzeichnis

1. Definition von Vorhofflimmern; ESC Guidelines 2016
2. Einteilung von Herzinsuffizienz nach Schweregrad
3. Definition der in dieser Arbeit verwendeten Wetterparameter
4. Weitere in die Studie aufgenommenen internistische Erkrankungen
5. Diagnosen im Aufnahmebogen
6. Angaben in der Datenbank
- 7a. Übersicht Fall- und Kontrollperioden Absolutwerte
- 7b. Übersicht Fall- und Kontrollperioden Tagesmittelwerte
8. Baseline-Charakteristika zu Vorhofflimmern
- 9a. Übersicht Analyse der Absolutwerte für Vorhofflimmern; warme Jahreshälfte
- 9b. Übersicht Analyse der Absolutwerte für Vorhofflimmern; kalte Jahreshälfte
- 9c. Übersicht Analyse der Mittelwertskombinationen für Vorhofflimmern; warme Jahreshälfte
- 9d. Übersicht Analyse der Mittelwertskombinationen für Vorhofflimmern; kalte Jahreshälfte
- 10a. Dampfdruck Absolutwerte; Vorhofflimmern
- 10b. Dampfdruck Tagesmittelwerte; Vorhofflimmern
- 11a. Bewölkungsgrad Absolutwerte; Vorhofflimmern
- 11b. Bewölkungsgrad Tagesmittelwerte; Vorhofflimmern
- 12a. Lufttemperatur Absolutwerte; Vorhofflimmern
- 12b. Lufttemperatur Tagesmittelwerte; Vorhofflimmern
- 13a. Mittlere Strahlungstemperatur Absolutwerte; Vorhofflimmern
- 13b. Mittlere Strahlungstemperatur Tagesmittelwerte; Vorhofflimmern
- 14a. Gefühlte Temperatur Absolutwerte; Vorhofflimmern
- 14b. Gefühlte Temperatur Tagesmittelwerte; Vorhofflimmern
15. Übersicht statistische Auswertung zu Vorhofflimmern
16. Baseline-Charakteristika zu kardialer Dekompensation
- 17a. Übersicht Analyse der Absolutwerte für kardiale Dekompensation; warme Jahreshälfte

- 17b. Übersicht Analyse der Absolutwerte für kardiale Dekompensation; kalte Jahreshälfte
- 17c. Übersicht Analyse der Mittelwertskombinationen für kardiale Dekompensation; warme Jahreshälfte
- 17d. Übersicht Analyse der Mittelwertskombinationen für kardiale Dekompensation; kalte Jahreshälfte
- 18a. Luftdruck Absolutwerte; kardiale Dekompensation
- 18b. Luftdruck Tagesmittelwerte; kardiale Dekompensation
- 19a. Dampfdruck Absolutwerte; kardiale Dekompensation
- 19b. Dampfdruck Tagesmittelwerte; kardiale Dekompensation
- 20a. Windgeschwindigkeit Absolutwerte; kardiale Dekompensation
- 20b. Windgeschwindigkeit Tagesmittelwerte; kardiale Dekompensation
- 21a. Lufttemperatur Absolutwerte; kardiale Dekompensation
- 21b. Lufttemperatur Tagesmittelwerte; kardiale Dekompensation
- 22a. Mittlere Strahlungstemperatur Absolutwerte; kardiale Dekompensation
- 22b. Mittlere Strahlungstemperatur Tagesmittelwerte; kardiale Dekompensation
- 23a. Gefühlte Temperatur Absolutwerte; kardiale Dekompensation
- 23b. Gefühlte Temperatur Tagesmittelwerte; kardiale Dekompensation
- 24. Übersicht statistische Auswertung zu kardialer Dekompensation
- 25. Baseline-Charakteristika zu hypertensiver Entgleisung
- 26a. Übersicht Analyse der Absolutwerte für hypertensive Entgleisung; warme Jahreshälfte
- 26b. Übersicht Analyse der Absolutwerte für hypertensive Entgleisung; kalte Jahreshälfte
- 26c. Übersicht Analyse der Mittelwertskombinationen für hypertensive Entgleisung; warme Jahreshälfte
- 26d. Übersicht Analyse der Mittelwertskombinationen für hypertensive Entgleisung; kalte Jahreshälfte
- 27a. Dampfdruck Absolutwerte; hypertensive Entgleisung

- 27b. Dampfdruck Tagesmittelwerte; hypertensive Entgleisung
- 28a. Lufttemperatur Absolutwerte; hypertensive Entgleisung
- 28b. Lufttemperatur Tagesmittelwerte; hypertensive Entgleisung
- 29a. Gefühlte Temperatur Absolutwerte; hypertensive Entgleisung
- 29b. Gefühlte Temperatur Tagesmittelwerte; hypertensive Entgleisung
- 30. Übersicht statistische Auswertung zu hypertensiver Entgleisung
- 31. Jahreszeitliche Fallzahlverteilung aller drei Krankheitsbilder
- 32. Übersicht über das Ergebnis aller drei Krankheitsbilder

7.3 Grafischer Anhang

Monitoring Trends and Influences of Cardiovascular Emergencies (MonICE)
 © PD Dr. Bässler, PD Dr. Fischer, Dr. Jungbauer, Dr. Hubauer

Stand: 17.06.2016



Akutes Koronarsyndrom

Stammdaten

Name: _____		Patienten-ID: _____	
Vorname: _____		Sap-Nr.: _____	
Strasse: _____		Fall-Nr.: _____	
Ort: _____			
Telefon: _____			
Geschlecht:	* m [1]	Geburtsdatum: _____	Sterbedatum: _____
	* w [2]		
Hausarzt:	Name: _____	Vorname: _____	
	Telefon: _____		
	Adresse: _____		
Wetterstudie-Regensburg: ja * nein *			

Notfall-Patient:	* mit akutem Thoraxschmerz [1]		
	* divers [2]		
Notaufnahmedatum: _____	Wochentag: ____ (Mo-So=1-7)	Uhrzeit: _____	
Aufenthalt:	* ambulant [1]	* stationär intern [2]	* stationär extern [3]
Entlassdatum: _____	externes KH: _____		
Intensivaufenthalt:	ja * nein *		
Intensivaufnahme-Datum: _____			
Intensiventlass-Datum: _____			

EKG-akut:	ja *	nein *	
Echo-akut	ja *	nein *	
Echo-Verlauf:	ja *	nein *	
Röntgen-akut:	ja *	nein *	
CT-akut:	ja *	nein *	
HK-akut:	ja *	nein *	
Eingangsmedikation:	ja *	nein *	weiss nicht *
Entlassmedikation:	ja *	nein *	weiss nicht *

Diagnose

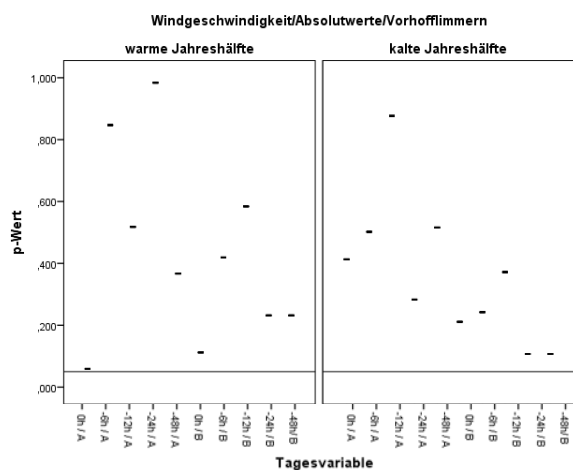
Diagnose-NA-Text:	<hr/> <hr/>	
Diagnose-NA-Code:	<hr/> (Codenummer)	
Diagnose-Entlass-Text:	<hr/> <hr/>	
Diagnose-Entlass-Code:	<hr/> (Codenummer)	(nur endgültige Diagnosen, KEINE Symptome)
Diagnose-AKS-Entlasscode:	<hr/> (Codenummer)	
Tumor in Zs.-hang mit Diagnose	ja * nein * weiss nicht *	

Exitus letalis

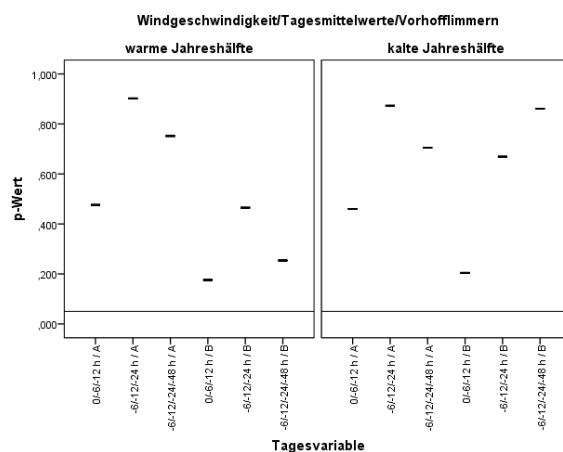
Exitus letalis:	ja * nein * weiss nicht *
Exitus_akut:	* prähospital [1] * hospital / im KH [2] * weiss nicht [3]
Exitus_hospital:	* Exitus im KH infolge Akutereignis [1] * Exitus im KH infolge Komplikation im Verlauf [2] * weiss nicht [3]

Therapie akut (Notfalltherapie)

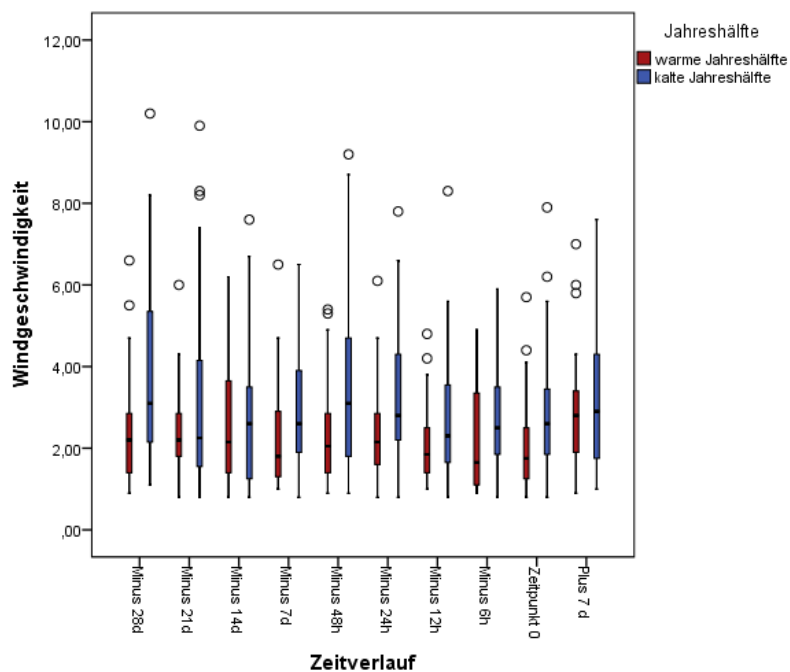
Reanimation_a	ja * nein * weiss nicht *
Reanimationsgrund_a:	* Asystolie [1] * elektromech. Entkopplung [2] * pulslose ventrikuläre Tachykardie [3] * Kammerflimmern [4] * weiss nicht [5]
Defibrillation_a	ja * nein * weiss nicht *
Intubation_a	ja * nein * weiss nicht *
Diurese_a	ja * nein * weiss nicht *



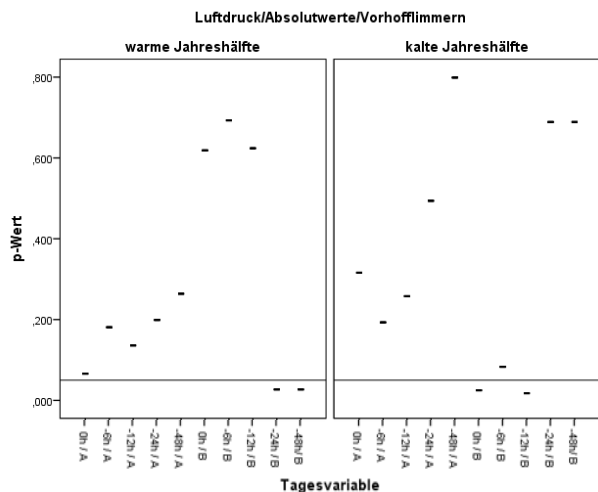
Anhang 2a: Nicht-signifikante Ergebnisse für Vorhofflimmern; Absolutwertdiagramm für Windgeschwindigkeit



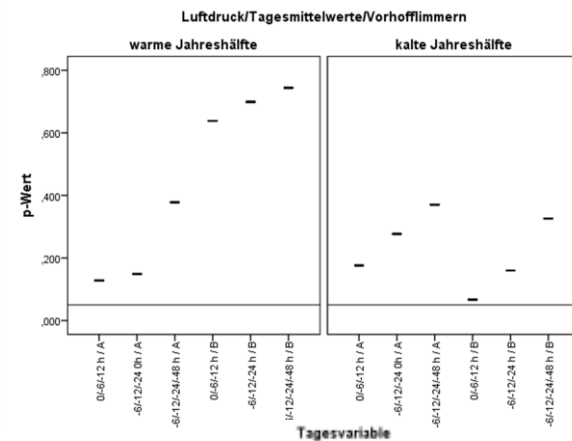
Anhang 2b: Nicht-signifikante Ergebnisse für Vorhofflimmern; Tagesmittelwertdiagramm für Windgeschwindigkeit



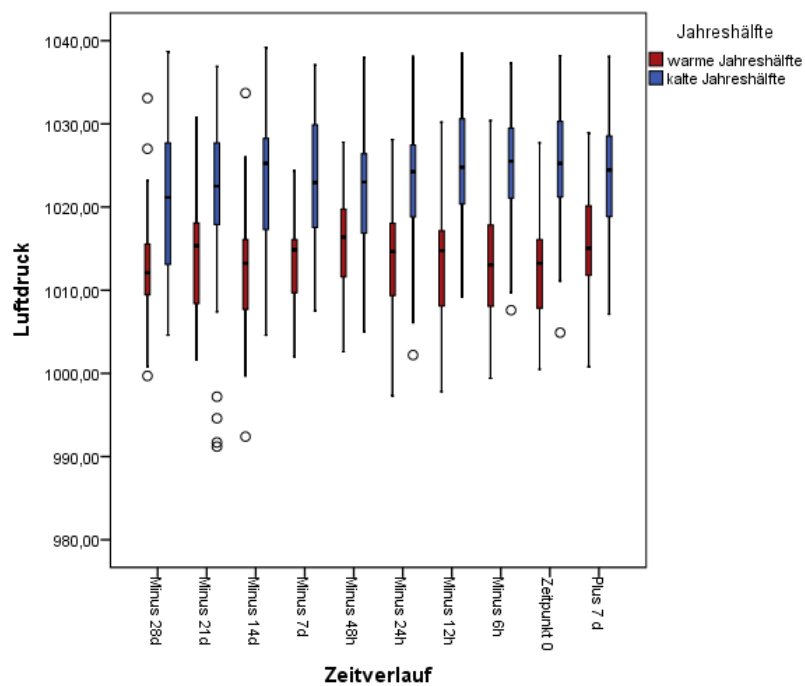
Anhang 2c: Wetterboxplot zu Vorhofflimmern/Windgeschwindigkeit



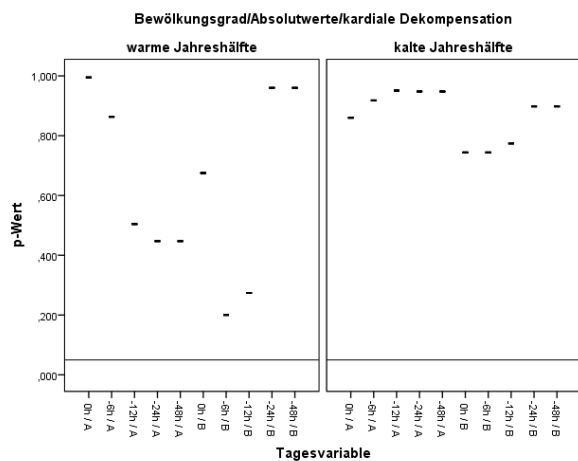
Anhang 3a: Nicht-signifikante Ergebnisse für Vorhofflimmern; Absolutwertdiagramm für Luftdruck



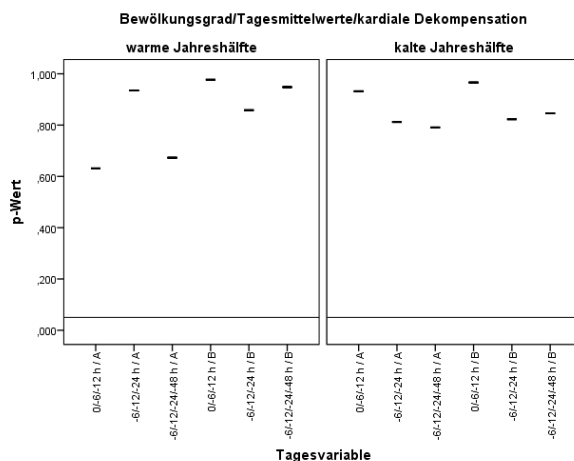
Anhang 3b: Nicht-signifikante Ergebnisse für Vorhofflimmern; Tagesmittelwertdiagramm für Luftdruck



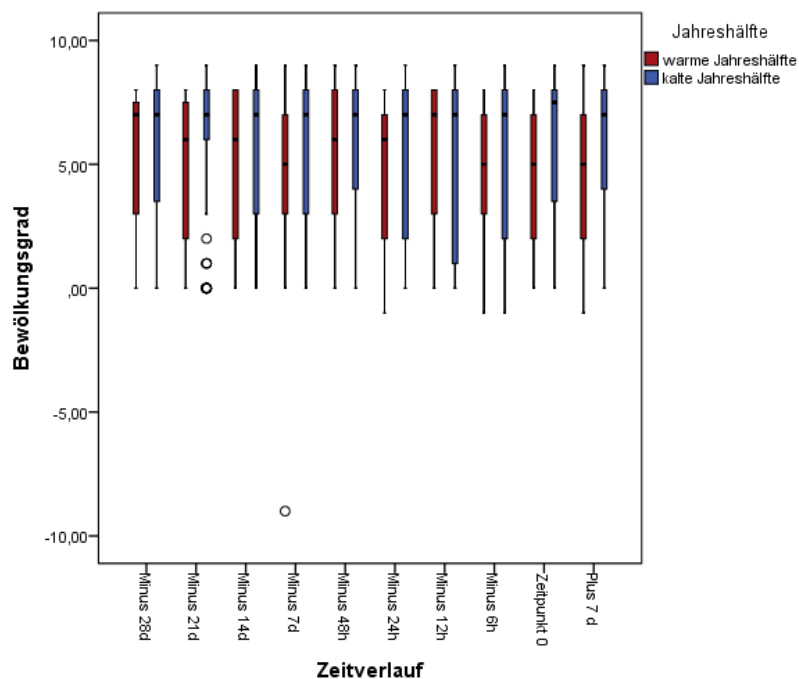
Anhang 3c: Wetterboxplot zu Vorhofflimmern/Luftdruck



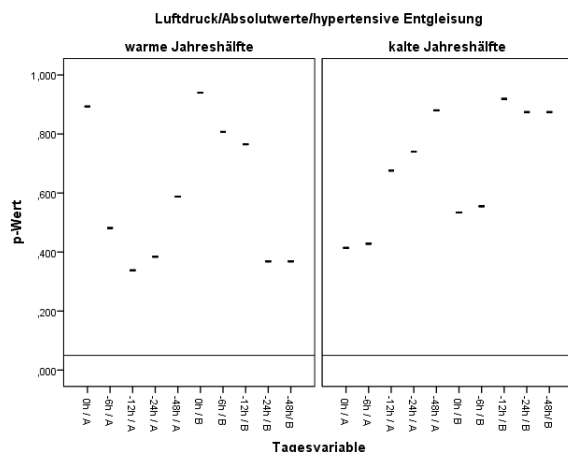
Anhang 4a: Nicht-signifikante Ergebnisse für kardiale Dekompensation; Absolutwertdiagramm für Bewölkungsgrad



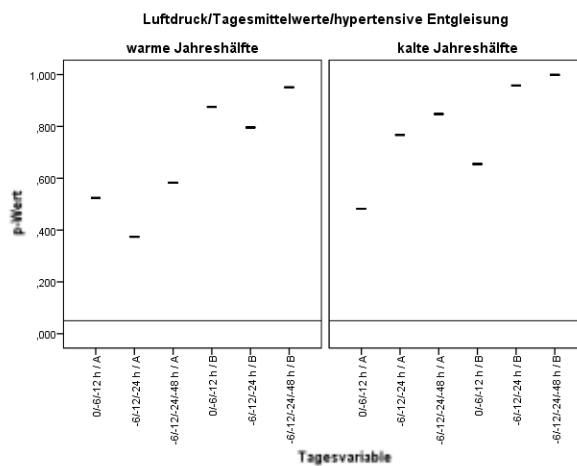
Anhang 4b: Nicht-signifikante Ergebnisse für kardiale Dekompensation; Tagesmittelwertdiagramm für Bewölkungsgrad



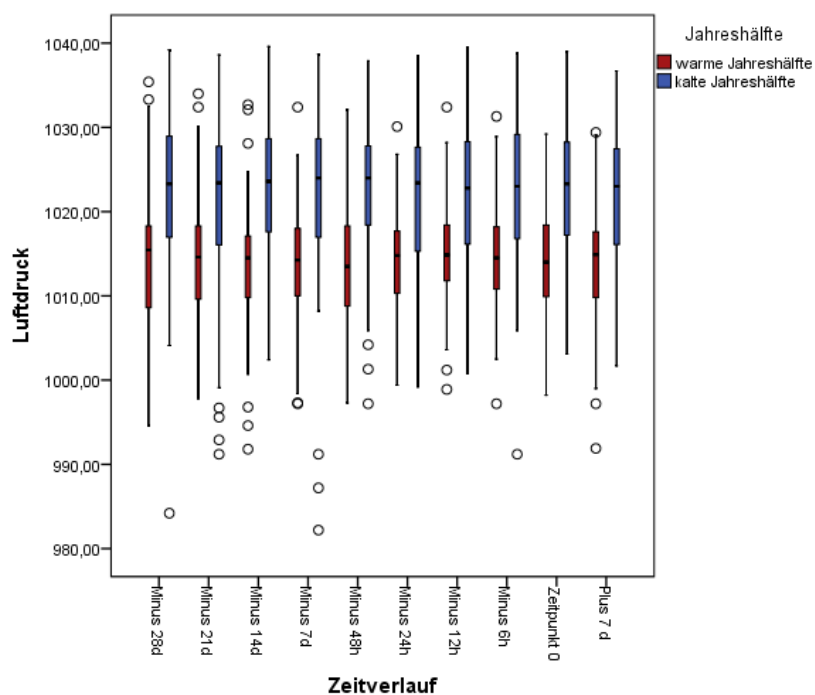
Anhang 4c: Wetterboxplot zu kardiale Dekompensation/Bewölkungsgrad



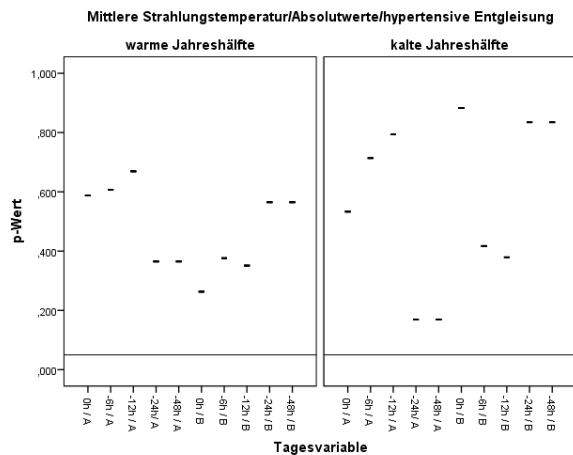
Anhang 5a: Nicht-signifikante Ergebnisse für hypertensive Entgleisung; Absolutwertdiagramm für Luftdruck



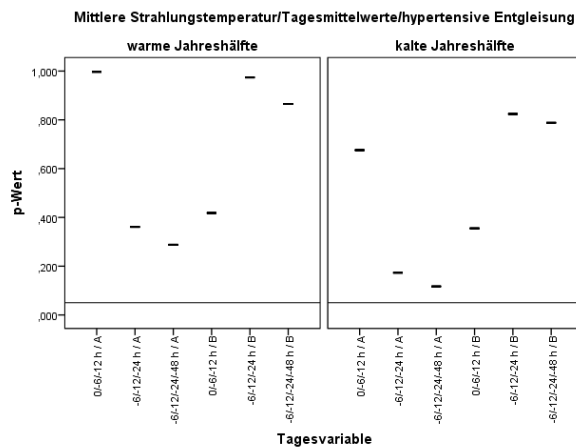
Anhang 5b: Nicht-signifikante Ergebnisse für hypertensive Entgleisung; Tagesmittelwertdiagramm für Luftdruck



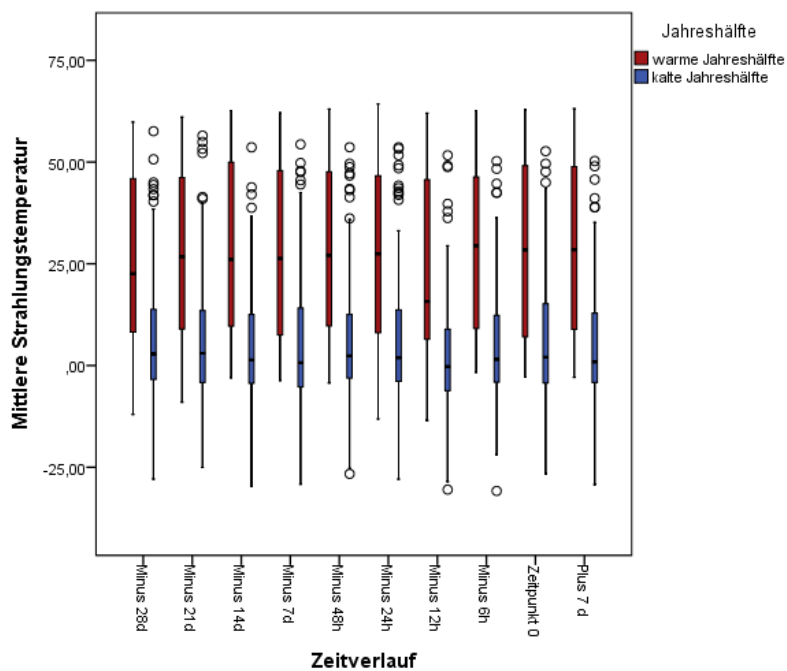
Anhang 5c: Wetterboxplot zu hypertensive Entgleisung/Luftdruck



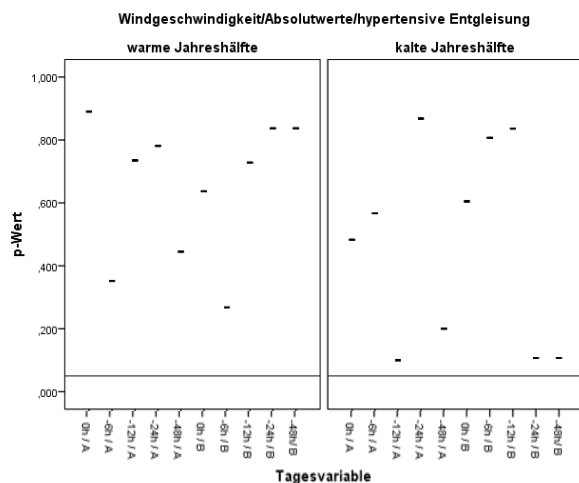
Anhang 6a: Nicht-signifikante Ergebnisse für hypertensive Entgleisung; Absolutwertdiagramm für mittlere Strahlungstemperatur



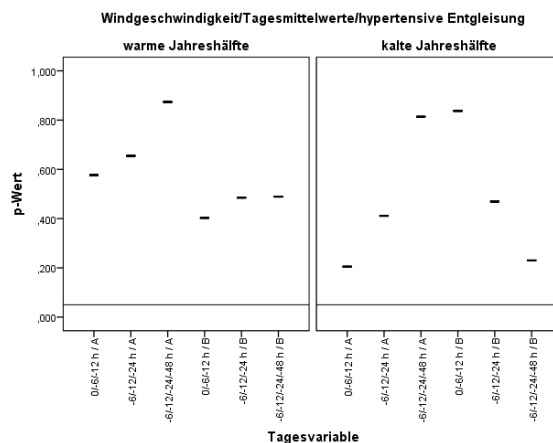
Anhang 6b: Nicht-signifikante Ergebnisse für hypertensive Entgleisung; Tagesmittelwertdiagramm für mittlere Strahlungstemperatur



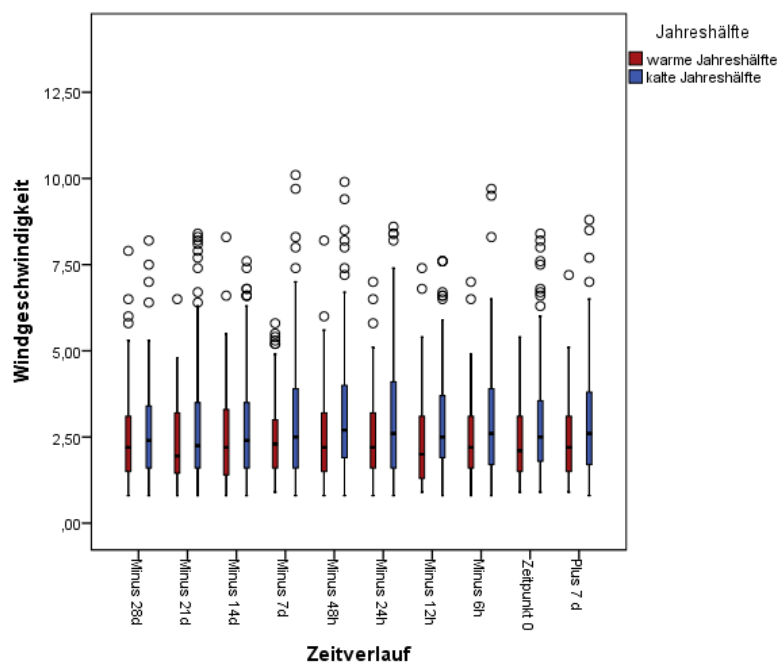
Anhang 6c: Wetterboxplot zu hypertensive Entgleisung/Mittlere Strahlungstemperatur



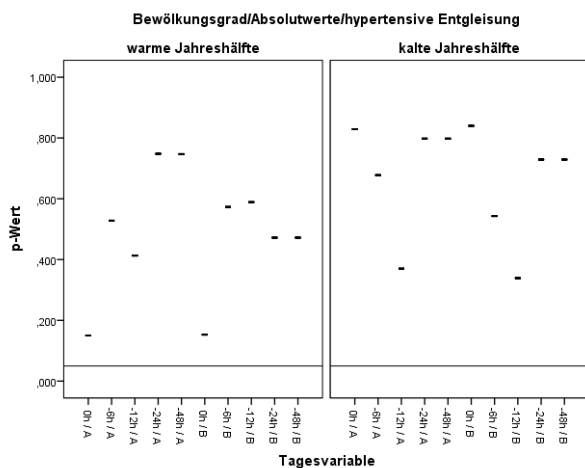
Anhang 7a: Nicht-signifikante Ergebnisse für hypertensive Entgleisung; Absolutwertdiagramm für Windgeschwindigkeit



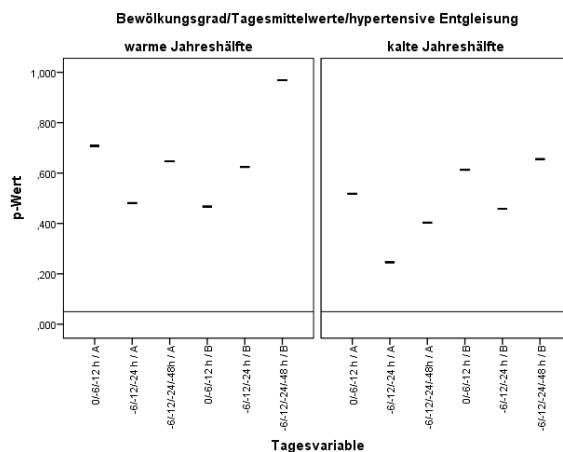
Anhang 7b: Nicht-signifikante Ergebnisse für hypertensive Entgleisung; Tagesmittelwertdiagramm für Windgeschwindigkeit



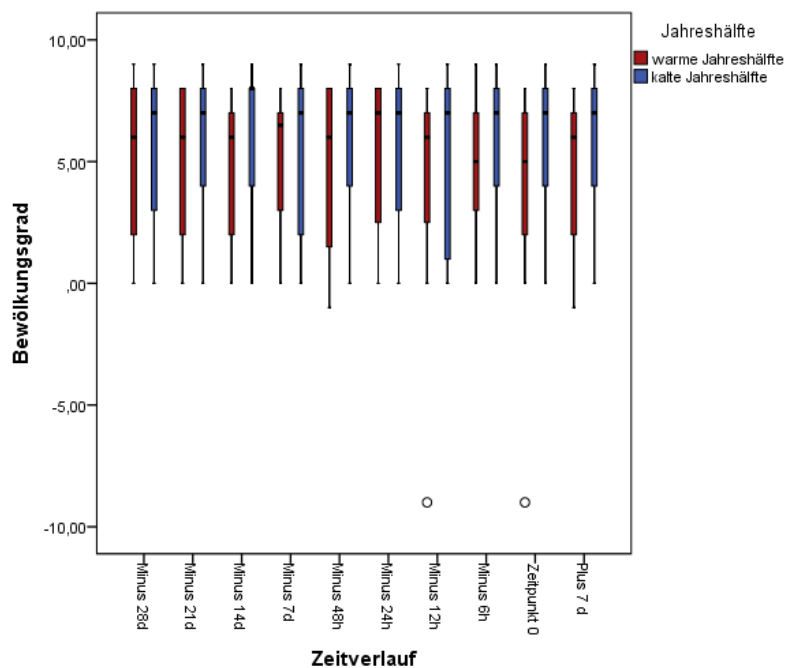
Anhang 7c: Wetterboxplot hypertensive Entgleisung/Windgeschwindigkeit



Anhang 8a: Nicht-signifikante Ergebnisse für hypertensive Entgleisung; Absolutwertdiagramm für Bewölkungsgrad



Anhang 8b: Nicht-signifikante Ergebnisse für hypertensive Entgleisung; Tagesmittelwertdiagramm für Bewölkungsgrad



Anhang 8c: Wetterboxplot hypertensive Entgleisung/Bewölkungsgrad

8. Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Marcus Fischer für die freundliche Bereitstellung des interessanten Themas.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn PD Dr. med. Carsten Jungbauer für die sehr gute Betreuung während der Datenerhebung sowie die Unterstützung während der Anfertigung dieser Dissertationsarbeit.

Außerdem bedanken möchte ich mich bei Frau Dr. Ute Hubauer für ihre Unterstützung während der Datenerhebung für diese Arbeit.

Danke auch an meine Kollegen Maren Halbing und Georg Schuster für die tolle und freundschaftliche Zusammenarbeit.

Außerdem möchte ich mich an dieser Stelle auch ganz besonders bei meiner Familie bedanken.

Danke an meine Eltern – für eure bedingungslose Liebe und Unterstützung.

Danke an meine Schwester Deborah und meinen Mann Niklas - für all eure Unterstützung, Motivierung und Liebe.

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quellen gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistung für die Arbeit erhalten, die in Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.